



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**“CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS
EN LA ELABORACIÓN DE ELEMENTOS
MECÁNICOS EN LOS PROCESOS DE
MANUFACTURA”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N:
ENRIQUE GONZÁLEZ CÓRDOVA
IVÁN CARRANZA TORRIJOS**

**ASESOR: M. I. SERGIO MARTÍN
DURÁN GUERRERO**

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
-------------------	---

CAPÍTULO 1

DISEÑO Y MANUFACTURA ASISTIDOS POR COMPUTADORA

1.1 Introducción.....	3
1.2 ¿Qué es el CAD?.....	4
1.3 Ventajas del CAD.....	5
1.4 ¿Qué es el CAM?.....	6
1.5 Ventajas del CAM.....	8
1.6 ¿Qué es el CAE?.....	9
1.7 ¿Qué es el CAD/CAM?.....	11
1.8 Componentes del CAD/CAM.....	14
1.9 Ventajas del CAD/CAM.....	15
1.10 ¿Qué es el AutoCAD?.....	15
1.10.1 Instrucciones a usar.....	16
1.10.2 Descripción de los comandos antes mencionados.....	16
1.11 Ventajas del AutoCAD.....	18

CAPÍTULO 2

PROCESOS DE MANUFACTURA

2.1 Introducción.....	20
2.2 Desarrollos históricos.....	20
2.2.1 Primeros desarrollos.....	20
2.2.2 La primera Revolución Industrial.....	23
2.2.3 La segunda Revolución Industrial.....	23
2.3 Clasificación de los procesos de manufactura	24
2.4 Torneado.....	26
2.4.1 Operaciones relacionadas con el torneado.....	28
2.5 Torno de Control Numérico.....	29
2.6 Control Numérico.....	30
2.6.1 Instrucciones de programación.....	31
2.7 Procesos de corte con Sierra Cinta.....	34
2.7.1 Aserrado.....	34

CAPÍTULO 3

CONTROL DE CALIDAD

3.1 Introducción.....	36
3.2 Definición de Control de Calidad.....	36
3.3 Historia del Control de Calidad.....	38
3.4 Capacidad de Procesos.....	41
3.5 Control Estadístico de Procesos.....	42

3.5.1 Gráficas de Control por variables.....	44
3.5.2 Gráficas de Control por atributos.....	46
3.6 Herramientas estadísticas.....	48
3.6.1 Diagrama causa-efecto.....	48
3.6.2 Diagrama de Pareto o análisis A-B-C.....	50
3.6.3 Histogramas.....	52
3.6.4 Hoja de recogida de datos.....	53

CAPÍTULO 4

MINITAB Y LOS GRÁFICOS DE CONTROL \bar{X} Y R

4.1 Minitab.....	55
4.2 Ejemplo.....	57

CAPÍTULO 5

DISEÑO DE FLECHA MECÁNICA

5.1 Introducción.....	72
5.2 Acceso al programa.....	72
5.3 Pantalla de trabajo y menús contextuales.....	73
5.3.1 Barra de títulos.....	74
5.3.2 Barra de menús.....	74
5.3.3 Barra de herramientas.....	74
5.3.4 Área de dibujo.....	75
5.3.5 Cursor.....	75
5.3.6 Icono de sistema de coordenadas.....	75
5.3.7 Ventana de comandos.....	75
5.4 Repetir la última orden.....	76
5.5 Límites de dibujo.....	76
5.5.1 Alinear los límites del dibujo con un tamaño de papel A4 estándar.....	77
5.6 Estableces los valores de resolución y rejilla.....	78
5.7 Opción orto y rastreo polar.....	80
5.8 Línea.....	81
5.9 Simetría.....	81
5.10 Zoom en tiempo real.....	82
5.11 Borrar.....	82
5.12 Acotación lineal.....	82
5.13 Dibujo de flecha mecánica.....	83

CAPÍTULO 6

FABRICACIÓN DE FLECHA MECÁNICA

6.1 Trabajo estandarizado.....	98
6.2 Hoja de proceso.....	98
6.3 Hoja de ayudas visuales.....	98
6.4 Hoja de programación.....	98

6.5 Explicación del programa.....	115
CAPÍTULO 7	
ANÁLISIS MANUAL	
7.1 Desarrollo.....	118
CAPÍTULO 8	
ANÁLISIS DIGITAL CON MINITAB	
8.1 Introducción.....	130
8.2 Desarrollo.....	131
8.3 Interpretación de las Gráficas de Control.....	139
Conclusiones.....	141
Bibliografía.....	143
Apéndice A.....	144

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este trabajo es realizar un Control Estadístico de Proceso (en inglés, *Statistical Process Control*, SPC).

El Control Estadístico de Proceso, es hoy en día, una importante herramienta para el control de la calidad en productos y servicios, principalmente utilizado en la industria manufacturera.

Dicho Control Estadístico de Procesos se aplicará a un lote de flechas mecánicas, manufacturadas en barra de aluminio de media pulgada de diámetro, en un torno CNC. El diseño de la flecha fue realizado en AutoCAD. Una vez obtenido el diseño y conociendo las medidas de los diámetros y longitudes de la flecha, se realizó el programa de lenguaje CNC para ser introducido al sistema del torno y poder realizar el maquinado (torneado).

En el capítulo 1 se abordan temas sobre “Diseño y Manufactura asistidos por Computadora”. Así como una breve introducción de AutoCAD y sus distintos comandos. Tecnologías que han disminuido considerablemente los costos de producción y han aumentado la calidad de los productos, resultando beneficiados los consumidores.

El Diseño y Manufactura asistidos por Computadora han innovado un gran porcentaje de los productos de los cuales hoy somos consumidores.

En el capítulo 2 se abordan temas sobre “Procesos de Manufactura”. Procesos que transforman los materiales de una etapa a otra, cambiando la geometría, las propiedades o la apariencia del material inicial.

Basándose principalmente en el proceso de torneado y control numérico, lenguaje de un torno CNC y el proceso de corte. Sin dejar de mencionar un poco de la historia de la manufactura.

En el capítulo 3 se abordan temas sobre “Control de Calidad”. En este capítulo se hace más énfasis en el análisis y uso de las Gráficas de Control \bar{x} y R , importantes herramientas en el Control de Calidad de un producto o servicio. Se hace mención del concepto de Control de Calidad y algunas otras herramientas estadísticas.

En el capítulo 4 se describe paso a paso un ejemplo de cómo elaborar un Control Estadístico de Proceso con Gráficas \bar{x} y R (Xbarra-R) en un importante software estadístico llamado “Minitab”.

En el capítulo 5 se describe paso a paso como Diseñar la flecha mecánica en el programa de diseño “AutoCAD”. Así como la descripción y utilización de los comandos.

En el capítulo 6 se ilustra y describe el proceso de fabricación de la flecha mecánica utilizando las “Ayudas Visuales” y las “Hojas de Proceso”. También se describen las “Hojas de Programación” del lenguaje CNC utilizado para el proceso de torneado de la flecha mecánica.

En el capítulo 7 se describe paso a paso como realizar el SPC, de forma manual, al lote de flechas que se obtuvo en el Laboratorio de Manufactura LIME II. El lote se divide en 15 muestras de tamaño $n=4$.

En el último Capítulo se realiza el SPC de forma digital utilizando el software Minitab, con el fin de comprobar los datos obtenidos en el capítulo anterior.

CAPÍTULO 1

DISEÑO Y MANUFACTURA ASISTIDOS POR COMPUTADORA

1.1 Introducción

La automatización de los procesos industriales a través de los años ha dado lugar a un avance espectacular de la industria. Todo ello ha sido posible gracias a una serie de factores entre los que se encuentran las nuevas tecnologías en el campo mecánico. La introducción de las computadoras y sobre todo el control y la regulación de los sistemas y procesos.

La incorporación de las computadoras en la producción es sin lugar a dudas el elemento punto que está permitiendo lograr la automatización integral de los procesos industriales.

Es por ello que nosotros ocuparemos todos los recursos tecnológicos que estén a nuestro alcance, para el diseño y fabricación asistida por computadora de un lote de piezas mecánicas.

El diseño y la fabricación asistidos por computadora (CAD/CAM) es una disciplina que estudia el uso de sistemas informáticos como herramienta de soporte en todos los procesos involucrados en el diseño y la fabricación de cualquier tipo de producto.

Esta disciplina se ha convertido en un requisito indispensable para la industria actual que se enfrenta a la necesidad **de mejorar la calidad, disminuir los costos y acortar los tiempos de diseño y producción.**

La única alternativa para conseguir este triple objetivo es la de utilizar la potencia de las herramientas informáticas actuales e integrar todos los procesos, para reducir los costos (de tiempo y dinero) en el desarrollo de los productos y en su fabricación.

El diseño y fabricación asistidos por computadora es una tecnología que podría descomponerse en varias disciplinas pero que normalmente abarca diseño gráfico, el

manejo de bases de datos para el diseño y la fabricación, control numérico de máquinas herramientas y robótica.

Históricamente los CAD comenzaron como una ingeniería tecnológica computarizada, mientras los CAM eran una tecnología semiautomática para el control de máquinas de forma numérica.

Pero estas dos disciplinas que nacieron separadamente se han mezclado gradualmente hasta conseguir una tecnología, suma de las dos de tal forma que los sistemas CAD/CAM son considerados hoy en día como una disciplina única identificable.

La evolución del CAD/CAM ha sido debida en gran parte a que esta tecnología es fundamental para obtener ciclos de producción más rápidos y productos elaborados de mayor calidad.

Así han sido espectaculares sus recientes desarrollos: el diseño en 3D. La automatización total de las industrias, así como el análisis de objetos en movimiento CATVIA pueden representar algunos de estos logros.

El CAD/CAM sea una herramienta que es indispensable sin duda para nuestros objetivos de nuestro trabajo que es el diseño y fabricación de nuestra pieza mecánica.

1.2 ¿Qué es el CAD?

El acrónimo CAD (Diseño Asistido por Computadora del inglés Computer-Aided Desing), se trata de la tecnología implicada en el uso de computadoras para realizar tareas de creación, modificación, análisis y optimización de un diseño.

A principios de la década 1950 aparece la primera pantalla gráfica en el MIT capaz de representar dibujos simples de forma no interactiva. En esta época y también en el MIT se desarrolla el concepto de programación de control numérico.

A mediados de esta década aparece el lápiz óptico que supone el inicio de los gráficos interactivos. A finales de la década aparecen las primeras máquinas herramienta y

General Motors comienza a usar técnicas basadas en el uso interactivo de gráficos para sus diseños.

La década de los 60 representa un periodo crucial para el desarrollo de los gráficos por computadora. Aparece el termino CAD y varios grupos de investigación dedican gran esfuerzo a estas técnicas. Fruto de este esfuerzo es la aparición de unos pocos sistemas de CAD.

Un hecho determinante de este periodo es la aparición comercial de pantallas de computadora.

Las herramientas de CAD abarcan desde herramientas de modelado geométrico hasta aplicaciones a medida para el análisis u optimización de un producto específico.

En la figura 1.1 se presentan las fases del CAD.

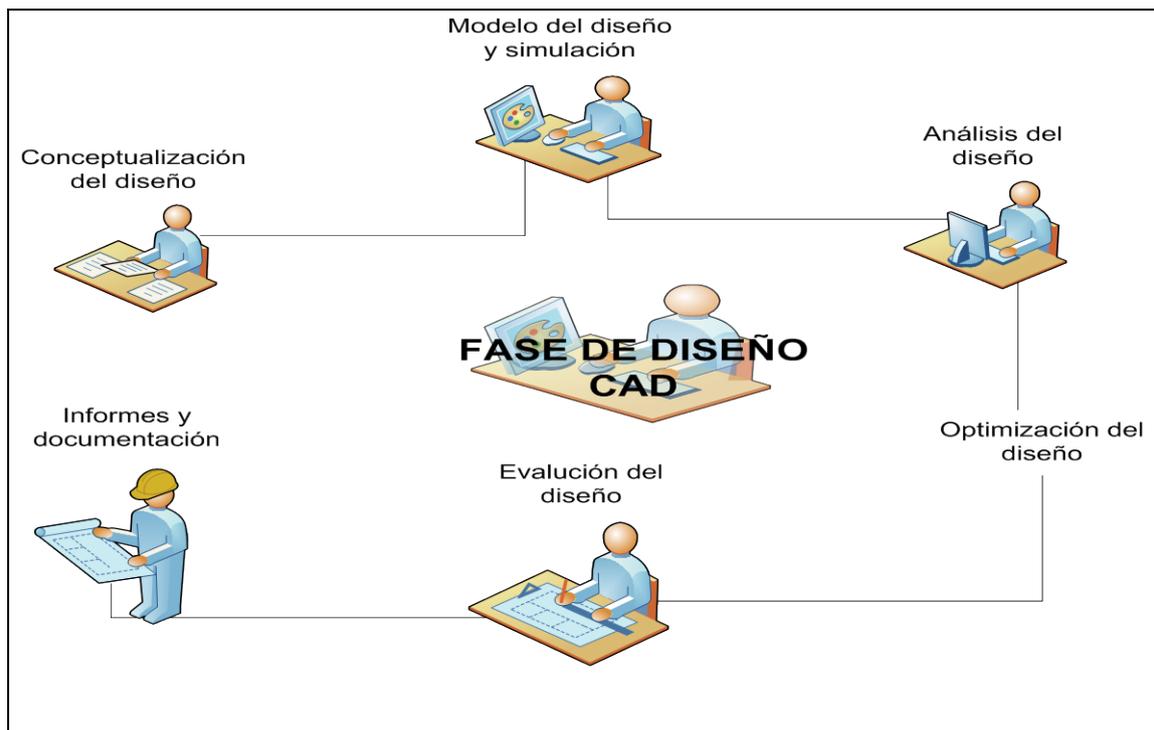


Figura 1.1 Fases de diseño del CAD.

1.3 Ventajas del CAD

- Pueden utilizarse para generar modelos con muchas, si no todas, de las características de un determinado producto. Estas características podrían ser el tamaño, el contorno y la forma de cada componente, almacenada como dibujos bi y tridimensional.

- Una vez que estos datos dimensionales han sido introducidos y almacenados en el sistema informático, podemos manipularlos o modificar las ideas del diseño con mayor facilidad para avanzar en el desarrollo del producto.
- Además, pueden compartirse e integrarse las ideas combinadas de varios diseñadores, ya que es posible mover los datos dentro de redes informáticas, con lo que los diseñadores e ingenieros situados en lugares distantes entre sí pueden trabajar como un equipo.
- Los sistemas CAD también permiten simular el funcionamiento de un producto. Hacen posible verificar si un circuito electrónico propuesto funcionará tal y como está previsto, si un puente será capaz de soportar las cargas pronosticadas sin peligros e incluso si una salsa de tomate fluirá adecuadamente desde un envase de nuevo diseño.
- Además de la información de CAD que describe el contorno de un componente de ingeniería, es posible elegir el material más adecuado para su fabricación en la base de datos informática, y emplear una variedad de máquinas CNC combinadas para producirlo.

1.4 ¿Qué es el CAM?

El uso cooperativo de herramientas de diseño y de fabricación ha dado lugar a la aparición de una nueva tecnología denominada *Fabricación Asistida por Computadora* (CAM, por Computer Aided Manufacturing).

Su origen data de los desarrollos de máquinas controladas numéricamente (NC) del final de los años 40 y principios de los años 50. Se adoptó el término CNC (Control numérico por computadora) cuando estas técnicas comenzaron a ser controladas por computadora al final de los años 50 y durante los 60.

El término CAM se puede definir como el uso de sistemas informáticos para la planificación, gestión y control de las operaciones de una planta de fabricación mediante una interfaz directa o indirecta entre el sistema informático y los recursos de producción.

Las aplicaciones del CAM se dividen en dos categorías: Interfaz directa e indirecta.

Interfaz directa: Son aplicaciones en las que la computadora se conecta directamente con el proceso de producción para monitorear su actividad y realizar tareas de supervisión y control. Estas aplicaciones se dividen en dos grupos:

- **Supervisión:** implica un flujo de datos del proceso de producción al computador con el propósito de observar el proceso y los recursos asociados y recoger datos.
- **Control:** supone un paso más allá que la supervisión, ya que no solo se observa el proceso, sino que se ejerce un control basándose sobre dichas observaciones.

Interfaz indirecta: Se trata de aplicaciones en las que la computadora se utiliza como herramienta de ayuda para la fabricación, pero en las que no existe una conexión directa con el proceso de producción.

En la figura 1.2 se muestra de forma gráfica la diferencia de entre estos dos tipos de aplicaciones.

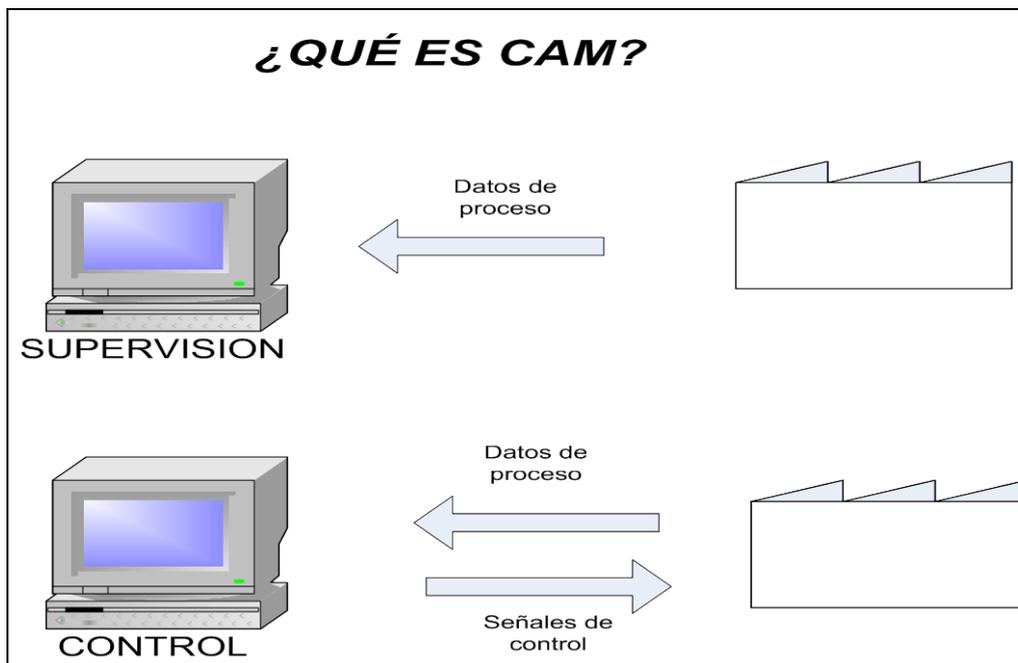


Figura1.2 Interfaz directa e indirecta.

Una de las técnicas más utilizadas en la fase de fabricación es el Control Numérico. Se trata de la tecnología que utiliza instrucciones programadas para controlar maquinas

herramienta que cortan, doblan, perforan o transforman una materia prima en un producto terminado.

Las aplicaciones informáticas son capaces de generar, de forma automática, gran cantidad de instrucciones de control numérico utilizando la información geométrica generada en la etapa de diseño junto con otra información referente a materiales, máquinas, etc. Que también se encuentra en la base de datos.

Los esfuerzos de investigación se concentran en la reducción de la intervención de los operarios.

Otra función significativa del CAM es la programación de robots que operan normalmente en células de fabricación, seleccionando y posicionando herramientas y piezas para las máquinas de control numérico.

Estos robots también pueden realizar tareas individuales tales como soldadura, pintura transporte de equipos y piezas dentro del taller.

1.5 Ventajas del CAM

La fabricación asistida por computadora ofrece significativas ventajas con respecto a los métodos más tradicionales de control de equipos de fabricación:

- Los equipos CAM conllevan la eliminación de los errores del operador y la reducción de los costos de mano de obra.
- La precisión constante y el uso óptimo previsto del equipo representan ventajas aún mayores. Por ejemplo, las cuchillas y herramientas de corte se desgastarán más lentamente y se estropearían con menos frecuencia, lo que reduciría todavía más los costos de fabricación.
- Repetitividad de los procesos de fabricación a través del almacenamiento de los datos
- Productos de mayor calidad.
- Ahorro de tiempo.

- Ahorro de costos por incremento de la eficiencia de fabricación (es decir menos material estropeado) e incremento de eficiencia en el almacenamiento y ensamblaje.

Los equipos CAM se basan en una serie de códigos numéricos, almacenados en archivos informáticos, para controlar las tareas de fabricación. Este Control Numérico por Computadora (CNC) se obtiene describiendo las operaciones de la máquina en términos de los códigos especiales y de la geometría de formas de los componentes, creando archivos informáticos especializados o programas de piezas.

La creación de estos programas de piezas es una tarea que, en gran medida, se realiza hoy día por software informático especial que crea el vínculo entre los sistemas CAD y CAM.

1.6 ¿Qué es el CAE?

La Ingeniería Asistida por Computadora (Computer Aided Engineering o CAE) es la tecnología que se ocupa del uso de sistemas informáticos para analizar la geometría generada por las aplicaciones de CAD, permitiendo al diseñador simular y estudiar el comportamiento del producto para refinar y optimizar dicho diseño.

Existen herramientas para un amplio rango de análisis. Los programas de cinemática, por ejemplo, pueden usarse para determinar trayectorias de movimiento y velocidades de ensamblado de mecanismos.

Los programas de análisis dinámico de (grandes) desplazamientos se usan para determinar cargas y desplazamientos en productos complejos como los automóviles. Las aplicaciones de temporización lógica y verificación simulan el comportamiento de circuitos electrónicos complejos.

El método de análisis por computadora más ampliamente usado en ingeniería es el método de elemento finito o FEM (de Finite Element Method). Se utiliza para determinar tensiones, deformaciones, transmisión de calor, distribución de campos magnéticos, flujo de fluidos y cualquier otro problema de campos continuos que serían prácticamente imposibles de resolver utilizando otros métodos.

En este método, la estructura se representa por un modelo de análisis constituido de elementos interconectados que dividen el problema en elementos manejables por la computadora.

Como se ha mencionado anteriormente, el método de elementos finitos requiere más un modelo abstracto de descomposición espacial que la propia geometría del diseño. Dicho modelo se obtiene eliminando los detalles innecesarios de dicha geometría o reduciendo el número de dimensiones.

Por ejemplo, un objeto tridimensional de poco espesor se puede convertir en un objeto bidimensional cuando se hace la conversión al modelo de análisis. Por tanto, es necesario generar dicho modelo abstracto de forma interactiva o automática para poder aplicar el método de elementos finitos.

Una vez creado dicho modelo, se genera la malla de elementos finitos para poder aplicar el método.

Al software que se encarga de generar el modelo abstracto y la malla de elementos finitos se le denomina pre-procesador. Después de realizar el análisis de cada elemento, la computadora ensambla los resultados y los visualiza. Las regiones con gran tensión se destacan, por ejemplo, mostrándose en color rojo. Las herramientas que realizan este tipo de visualización se denominan post-procesadores.

Existen también numerosas herramientas para la optimización de diseños. Se están realizando investigaciones para determinar automáticamente la forma de un diseño, integrando el análisis y la optimización.

Para ello se asume que el diseño tiene una forma inicial simple a partir de la cual el procedimiento de optimización calcula los valores óptimos de ciertos parámetros para satisfacer un cierto criterio al mismo tiempo que se cumplen unas restricciones, obteniéndose la forma óptima con dicho parámetros.

La ventaja del análisis y optimización de diseños es que permite a los ingenieros determinar cómo se va a comportar el diseño y eliminar errores sin la necesidad de gastar tiempo y dinero construyendo y evaluando prototipos reales.

Ya que el costo de reingeniería crece exponencialmente en las últimas etapas del desarrollo de un producto y en la producción, la optimización temprana que permiten las herramientas CAE supone un gran ahorro de tiempo y una notable disminución de costos.

Así pues, CAD, CAM y CAE son tecnologías que tratan de automatizar ciertas tareas del ciclo de producto y hacerlas más eficientes.

Dado que se han desarrollado de forma separada, aun no se han conseguido todos los beneficios potenciales de integrar las actividades de diseño y fabricación del ciclo de producto.

Para solucionar este problema ha aparecido una nueva tecnología: la fabricación integrada por computadora o CIM (de Computer Integrated Manufacturing).

Esta tecnología tiene el objetivo de aunar las *islas de automatización* conjuntándolas para que cooperen en un sistema único y eficiente.

El CIM trata de usar una única base de datos que integre toda la información de la empresa y a partir de la cual se pueda realizar una gestión integral de todas las actividades de la misma, repercutiendo sobre todas las actividades de administración y gestión que se realicen en la empresa, además de las tareas de ingeniería propias del CAD y el CAM.

Se dice que el CIM es más una filosofía de negocio que un sistema informático.

1.7 ¿Qué es el CAD/CAM?

Como se ha visto anteriormente CAD y CAM nacieron separadas pero han crecido juntas hasta llegar a conformar lo que ahora se conoce como el CAD/CAM, que hoy es una disciplina que se identifica como una sola.

La cual se define como una disciplina que conjuga el diseño y la fabricación asistida por computadora.

En la práctica, el CAD/CAM se utiliza de distintas formas, para producción de dibujos y diseño de documentos, animación por computadora, análisis de ingeniería, control de procesos, control de calidad, etc.

Por tanto, para clarificar el ámbito de las técnicas CAD/CAM, las etapas que abarca y las herramientas actuales y futuras, se hace necesario estudiar las distintas actividades y etapas que deben realizarse en el diseño y fabricación de un producto.

Ciclo del producto, figura 1.3

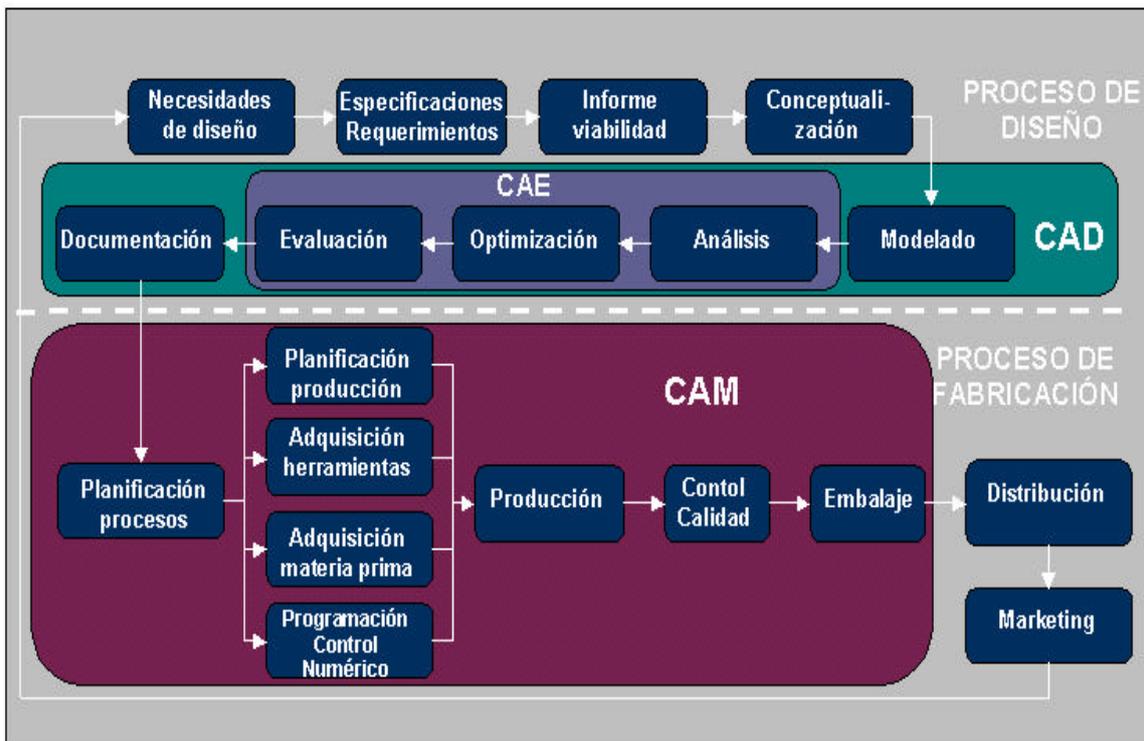


Figura 1.3 Ciclo del producto.

Para convertir un concepto o idea en un producto, se pasa por dos procesos principales, el de diseño y el de fabricación. A su vez, el proceso de diseño se puede dividir en una etapa de síntesis, en la que se crea el producto y una etapa de análisis en la que se verifica, optimiza y evalúa el producto creado.

Una vez finalizadas estas etapas se aborda la etapa de fabricación en la que, en primer lugar se planifican los procesos a realizar y los recursos necesarios, pasando después a la fabricación del producto. Como último paso se realiza un control de calidad del producto resultante antes de pasar a la fase de distribución y marketing.

Debido a la demanda del mercado de productos cada vez más baratos, de mayor calidad y cuyo ciclo de vida se reduce cada vez más, se hace necesaria la intervención de las computadoras para poder satisfacer estas exigencias.

Mediante el uso de técnicas de CAD/CAM se consigue abaratar costos, aumentar la calidad y reducir el tiempo de diseño y producción. Estos tres factores son vitales para la industria actual.

En las tablas 1.1 y 1.2 se presentan las fases de diseño y de fabricación con más detalle.

Tabla 1.1 Fase diseño

FASE DE DISEÑO	HERRAMIENTAS CAD REQUERIDAS
Conceptualización del diseño	Herramientas de modelado geométrico
Modelado del diseño y simulación	Las anteriores más herramientas de animación, ensamblaje y aplicaciones de modelado específicas
Análisis del diseño	Aplicaciones de análisis generales (FEM), aplicaciones a medida
Optimización del diseño	Aplicaciones a medida, optimización estructural
Evaluación del diseño	Herramientas de acotación, tolerancias, listas de materiales
Informes y documentación	Herramientas de dibujo de planos y detalles, imágenes color

Tabla 1.2 Fases de fabricación

FASE DE FABRICACIÓN	HERRAMIENTAS CAM REQUERIDAS
Planificación de procesos	Herramientas CAPP, análisis de costes, especificaciones de materiales y herramientas
Mecanizado de piezas	Programación de control numérico
Inspección	Aplicaciones de inspección
Ensamblaje	Simulación y programación de robots

1.8 Componentes del CAD/CAM

Los fundamentos de los sistemas de Diseño y Fabricación Asistidos por Computadora son muy amplios, abarcando múltiples y diversas disciplinas, entre las que cabe destacar las siguientes:

- **Modelado geométrico:** Se ocupa del estudio de métodos de representación de entidades geométricas. Existen tres tipos de modelos: alámbricos, de superficies y sólidos, y su uso depende del objeto a modelar y la finalidad para la que se construya el modelo.
- **Técnicas de visualización:** Son esenciales para la generación de imágenes del modelo. Los algoritmos usados dependerán del tipo de modelo, abarcando desde simples técnicas de dibujo 2D para el esquema de un circuito eléctrico, hasta la visualización realista usando trazado de rayos o para el estudio de la iluminación de un edificio.
- **Técnicas de interacción gráfica:** Son el soporte de la entrada de información geométrica del sistema de diseño. Entre ellas, las técnicas de posicionamiento y selección tienen una especial relevancia. Las técnicas de posicionamiento se utilizan para la introducción de coordenadas 2D o 3D. Las técnicas de selección permiten la identificación interactiva de un componente del modelo, siendo por tanto esenciales para la edición del mismo.
- **Interfaz de usuario:** Uno de los aspectos más importantes de una aplicación CAD/CAM es su interfaz. Del diseño de la misma depende en gran medida la eficiencia de la herramienta.
- **Base de datos:** Es el soporte para almacenar toda la información del modelo, desde los datos de diseño, los resultados de los análisis que se realicen y la información de fabricación. El diseño de las bases de datos para sistemas CAD/CAM plantea una serie de problemas específicos por la naturaleza de la información que deben soportar.

- Métodos numéricos: Son la base de los métodos de cálculo empleados para realizar las aplicaciones de análisis y simulación típicas de los sistemas de CAD/CAM.
- Conceptos de fabricación: Referentes a máquinas, herramientas y materiales, necesarios para entender y manejar ciertas aplicaciones de fabricación y en especial la programación de control numérico.
- Conceptos de comunicaciones: Necesarios para interconectar todos los sistemas, dispositivos y máquinas de un sistema CAD/CAM.

1.9 Ventajas del CAD/CAM

- Esta combinación permite la transferencia de información desde la etapa de diseño a la etapa de planificación para la fabricación de un producto, sin necesidad de volver a capturar manualmente los datos geométricos de la pieza.
- La base de datos que se desarrolla durante el CAD es procesada por el CAM, para obtener los datos y las instrucciones necesarias para operar y controlar la maquinaria de producción, el equipo de manejo de materiales y las pruebas e inspecciones automatizadas para establecer la calidad del producto.

1.10 ¿Qué es el AutoCAD?

Citamos nuevamente el concepto de “Diseño Asistido por Computadora” (CAD-Computer Aided Design), representa el conjunto de aplicaciones informáticas que permiten a un diseñador “definir” el producto a fabricar.

AutoCAD es un paquete de diseño asistido por computadora que permite realizar con ventajas sobre las técnicas tradicionales cualquier trabajo o proyecto, delineación, diseño industrial, ingeniería, arquitectura, etc.

Dispone de órdenes que puede realizar el trazado modificación y borrado de cualquier línea, arco, círculo y figura más compleja. Todo esto convenientemente agrupado y clasificado para almacenarse en una biblioteca de símbolos o identidades.

1.10.1 Instrucciones a usar

Para realizar los dibujos es necesario tener presente ciertas instrucciones de AutoCAD para su rápida realización del proyecto.

Entre estas instrucciones están:

Limits (Límites)

Grid (Rejilla)

Snap (Forz coord).

Layer (Capas).

Para realizar el dibujo y hacer cambios en el caso de que los necesite:

Line (Línea)

Arc (Arco)

Circle (Círculo)

Erase (Borrar)

Change (Cambiar)

Scale (Escala)

Rotate (Girar)

Break (Partir)

Point (Punto)

Redraw (Redibujar)

Zoom (Zoom)

Para salvar archivos y transferir la información a MCAM.

Save (Salvar)

1.10.2 Descripción de los comandos antes mencionados

Limits (Límites).- Este comando da el tamaño necesario donde se quiere trabajar el dibujo. Dado que para el objetivo de trabajo, las piezas no deben ser mayores a un tamaño determinado, los límites para todas las piezas será un estándar no importando que otras piezas sean de menor tamaño.

Grid (Rejilla).- Este comando despliega una retícula formada por puntos distribuidos en forma equidistante y nos ayuda a que los trazos de líneas sean verticales u horizontales

y también a que podamos encontrar un lugar determinado para dibujar una entidad o pieza.

Snap (Forz coor).- Este comando sirve para mover las líneas indicadoras con una distancia continua en cada movimiento, si el comando es desactivado las líneas se moverán suavemente con el dispositivo apuntador (ratón).

Units (Unidades).- Especificara que tipo de unidades son las que se utilizaran (metros o pulgadas).

Layer (Capa).- Este comando crea y se posiciona en la capa, donde el usuario quiera trabajar

Line (Línea).- Esta instrucción sirve para crear líneas rectas de cualquier longitud.

Circle (Círculo).- Ayuda a crear círculos de cualquier tamaño.

Arc (Arco).- Ayuda a crear cualquier segmento de forma circular.

Erase (Borrar).-Este comando borra cualquier entidad o pieza que no sea necesaria.

Change (Cambiar).- Este comando es útil cuando al crear alguna entidad necesitamos cambiar sus propiedades; dentro de estas propiedades están el color, la elevación, la capa donde se encuentra, el tipo de línea y la altura en tercera dimensión.

Scale (Escala).- Esta orden permite modificar el tamaño de una entidad u objeto, ya sea mayor o menor tamaño.

Rotate (Girar).- Se pueden girar los objetos alrededor de un punto base dado con esta orden. También se puede especificar un ángulo de rotación para ese objeto.

Break (Partir).- La orden break permite borrar parte de un objeto. En esta operación se seleccionan dos puntos y la parte que se encuentre entre estos dos puntos será suprimida.

Point (Punto).- La orden punto dibuja un solo punto en el lugar donde se encuentren las líneas indicadoras. Estos puntos nos pueden dar una referencia donde podemos dibujar una entidad u objeto.

Redraw (Redibujar).- Cuando se dibuja, ciertas órdenes dejan marcas en la pantalla y también dejan fragmentos de líneas en la pantalla. Con la orden redibujar se cancelan todas esas marcas, quedando solamente el dibujo.

Zoom (Zoom).- La orden zoom se puede utilizar para agrandar o reducir el tamaño del dibujo como aparece en la pantalla. Es útil cuando en pequeños detalles que no se pueden observar en la pantalla normal se hace un acercamiento para tener una mejor observación: también sirve para tener mayor exactitud en los trazos.

Save (Guardar).- Cuando se ha realizado un dibujo es necesario guardarlo en algún disco o en la memoria del disco duro. La opción save salva el programa en la unidad que se designe.

1.11 Ventajas del AutoCAD

La versatilidad del sistema lo ha convertido en un estándar general. Sobre todo porque permite:

- Dibujar de una manera ágil, rápida y sencilla, con acabado perfecto y sin las desventajas que encontramos si se ha de hacer a mano.
- Permite intercambiar información no solo por papel, sino mediante archivos, y esto representa una mejora en rapidez y efectividad a la hora de interpretar diseños, sobretodo en el campo de las tres dimensiones. Con herramientas para gestión de proyectos se puede compartir información de manera eficaz e inmediata. Esto es muy útil sobretodo en ensamblajes, contrastes de medidas, etc.
- Es importante en el acabado y la presentación de un proyecto o plano, ya que tiene herramientas para que el documento en papel sea perfecto, tanto en estética, como, lo más importante, en información, que ha de ser muy clara. Para

esto tenemos herramienta de acotación, planos en 2D a partir de 3D, cajetines, textos, colores, etc. A parte de métodos de presentación foto realísticos.

- Un punto importante para AutoCAD es que se ha convertido en un estándar en el diseño por computadora debido a que es muy versátil, pudiendo ampliar el programa base mediante programación Autolisp, DCL, Visual Basic, etc.

CAPÍTULO 2

PROCESOS DE MANUFACTURA

2.1 Introducción

La manufactura es una actividad humana que se difunde en todas las fases de nuestra vida. Los productos de la manufactura se encuentran por doquier. Todo lo que vestimos, donde vivimos, en lo que viajamos, incluso la mayor parte de nuestros alimentos, ha pasado a través de algún proceso de manufactura. La palabra manufactura se deriva del latín (*manus* = *mano*, *factus* = hecho), y en los diccionarios se define como "la fabricación de bienes y artículos a mano o, especialmente por maquinaria, frecuentemente en gran escala y con división del trabajo". Esta definición no es necesariamente completa, pero se puede utilizar para entender la función de la manufactura en el desarrollo humano.

2.2 Desarrollos históricos

La historia de la manufactura está marcada por desarrollos graduales, pero los efectos acumulativos han tenido sustanciales consecuencias sociales, las cuales se pueden considerar revolucionarias.

2.2.1 Primeros desarrollos

La manufactura se ha practicado durante varios miles de años, comenzando con la producción de artículos de piedra, cerámica y metal. Los romanos ya tenían fábricas para la producción en masa de artículos de vidrio, y en muchas actividades, incluyendo la minería, la metalurgia, y la industria textil se ha empleado desde hace mucho tiempo el principio de la división del trabajo. Sin embargo, por siglos gran parte de la manufactura permaneció como una actividad esencialmente individual, practicada por artesanos y sus aprendices. El ingenio de generaciones sucesivas de artesanos condujo al desarrollo de muchos procesos y a una gran variedad de productos, pero la escala de producción estaba necesariamente limitada por la potencia disponible. La potencia del agua sustituyó a la muscular en la Edad Media, pero sólo hasta el punto permitido por la disponibilidad de agua en movimiento; ello limitó la localización de las industrias y la tasa de crecimiento de la producción industrial, tabla 2.1.

Tabla 2.1 Desarrollos históricos de procesos unitarios de manufactura.

Año	Fundición	Deformación	Unión	Maquinado	Cerámicos	Plásticos	Maquinas y controles
4000 a.C.	Piedra, moldes de arcilla	Doblado, forjado (Au,Ag,Cu)	Remachado	Abrasión: piedra, esmeril, granate, pedernal	Alfafería, construcción manual	Madera, fibras naturales	Cuña control manual
2500	Cera perdida (bronce)	Corte, formado de lámina	Soldadura, soldadura fuerte	Perforado, aserrado	Cuentas de vidrio, torno de alfarero		Rueda, taladro de cuerda
1000		Forjado en caliente (hierro), estirado de alambre	Soldadura por forja, pegamento	Sierras de hierro, torneado (madera)	Prensado de vidrio, barnizado		Palanca, polea, torno de cuerda
d.C. 0		Prensa de tornillo, acuñado (latón), forjado (acero)	Unión por difusión (joyería)	Limado	Soplado de vidrio		Manivela
1000		Estirado de alambre			Artículos de barro, porcelana (China)	Pegamentos proteicos	Rueda hidráulica
1400	Fundición en arena, hierro fundido	Martinete hidráulico		Lija, fabricación de relojes	Mayólica, vidrio cristalino		Biela, volante de inercia
1600	Molde permanente	Hojalata, laminado para acuñamiento			Vaciado en hueco		Levas, torno de ruedas
1800	Molde seccionado	Embutido profundo, laminado (acero), extrusión, (Pb)		Perforado, torneado, corte de tornillos	Extrusión, vidrio plano, porcelana (Alemania)		Maquina de vapor, maquina de perforación, talador de banco, tarjetas perforadas
1850	Fundición centrífuga, maquina de moldeo	Martinete de vapor, laminado de hojalata Mg, Al, Ni		Formado, fresado, fresado químico	Vidrio de ventana por medio de cilindro cortado	Vulcanización	Mecanización, torno de copiado, máquina fresadora
1875	Acero Bessemer	Laminado de rieles, laminado continuo			SiC, rueda de amolar vítrificada	Extrusión de caucho, moldeo, celuloide	Torno revólver, máquina universal
1900	Aluminio	Perforación de tubos, extrusión (Cu)	Oxiacetileno, arco, soldadura por resistencia eléctrica	Fresa madre, acero para alta velocidad	Fabricación automática de botellas, SiC sintético, Al ₂ O ₃		Motor eléctrico, máquina automática de tornillos, torno engranado, calibrador PASA-NO PASA

Tabla 2.1 (continuación).

Año	Fundición	Deformación	Unión	Maquinado	Cerámicos	Plásticos	Maquinas y controles
1920	Fundición en matriz	Alambre de tungsteno a partir de polvo, endurecimiento por precipitación del Al, superaleación de Co, Be	Electrodo recubierto, soldadura de arco con gas, soldadura automática, rocío térmico		Vidrio laminado, WC	Función, moldeo en frío, moldeo por inyección, baquelita, acetato de vinilo	Automatización dura (eléctrica), línea de producción
1940	Cera perdida (ingeniería), arena aglomerada con resina	Extrusión (acero), metalurgia de polvos, Ti; superaleaciones de Ni, prensado isostático	Unión con rodillos, arco sumergido, soldadura con espárrago y gas inerte, electrodos cubiertos, adhesivos estructurales	ECM		Moldeo por transferencia, espumas de PVC, PE, acrílicos, poliestireno, nailon, poliéster, caucho sintético	Medición de la rugosidad
1950	Moldeo cerámico, hierro nodular	Extrusión en frío (acero)	Soldadura TIG, MIG, electroescoria	EDM	Cerámicas vítreas	ABS, siliconas, fluorocarbonos, poliuretano	Control numérico (CN)
1960	Solidificación rápida	Extrusión hidrostática, formado superplástico, HIP	Soldadura con arco de plasma, con haz de electrones, soldadura blanda en olas	Diamante sintético	Vidrio flotado	Acetales, policarbonato, polipropileno, cianoacrilato	CNC, CAD, CMM, tecnología de grupo, robot, cambiador automático de herramientas
1970	Fundición al vacío, solidificación direccional	Forjado isotérmico, HIP, forjado de polvos	Láser	Herramientas revestidas	NCB, cerámicos técnicos, fibras ópticas	Poliamida, aramidas, polibutileno	CAD/CAM, control adaptable, controlador programable
1980	Cristal individual, vaciado a presión	Tixoforado, moldeo por inyección de polvos	Seguimiento de la costura, soldadura de montaje de superficie	Maquinado de alta velocidad	Polvos de nanoescala	Compuestos, moldeo por inyección de reacción	CIM, manufactura flexible, AGV, inteligencia artificial
1990		Polvos de nanofase		Maquinado duro	Superconductor de alta temperatura		Manufactura esbelta, manufactura ágil

2.2.2 La primera Revolución Industrial

Al término del siglo XVIII, el desarrollo de la máquina de vapor hizo posible disponer de potencia en grandes cantidades y en muchos lugares. Esto agilizó los avances en los procesos de manufactura, y facilitó el crecimiento de la producción, proporcionando una abundancia de bienes y, con la mecanización de la agricultura, de productos agrícolas. Como resultado, la sociedad también se transformó. Más tarde, este desarrollo se conoció como la Revolución Industrial, la cual se caracterizó porque la potencia mecánica reemplaza a la física del trabajador. Muchas máquinas eran accionadas por bandas a partir de un eje motor común, y el alcance de la mecanización era limitado.

Hacia mediados del siglo XIX, algunas funciones del trabajador se reemplazaron por máquinas, en las cuales los componentes mecánicos, tales como levas y palancas, estaban ingeniosamente configurados para realizar tareas simples y repetitivas. Esa mecanización, o "automatización dura", eliminó algunos empleos, pero los trabajadores desplazados de esta forma, junto con aquellos que no eran estratégicos para la agricultura, generalmente encontraron trabajos en la creciente área de la manufactura y en sectores de servicios de la economía. A principios del siglo XX, el desarrollo se impulsó aún más por la introducción de la potencia eléctrica: las máquinas ahora podían ser accionadas individualmente, y los controles con base en circuitos eléctricos permitieron un alto grado de complejidad.

2.2.3 La segunda Revolución Industrial

A partir de la segunda mitad del siglo XX han tenido lugar desarrollos adicionales. Las computadoras comenzaron a ofrecer una potencia computacional ni siquiera soñada, y los dispositivos electrónicos de estado sólido desarrollados a partir del transistor, permitieron la fabricación de dispositivos de gran flexibilidad a un costo cada vez menor. A principios de los años setenta la disponibilidad del microchip, con miles de componentes electrónicos abarrotados en una minúscula oblea de silicio, hizo posible desempeñar tareas computacionales, de control, de planeación y de administración a altas velocidades, con frecuencia en tiempo real (es decir, donde el proceso ocurre mientras se controla) y a bajo costo. Las consecuencias han sido de gran alcance en cada faceta de nuestra vida, y parece que aún no hay límites para el desarrollo. Sin embargo, es evidente que las implicaciones sociales de estos cambios serán tan fundamentales como aquellas forjadas por la Revolución Industrial del siglo XIX; actualmente la

mayoría de los observadores concuerda en que estamos en medio de la segunda Revolución Industrial.

Una característica de ésta es que, además de la posibilidad de reemplazar la mayoría del trabajo físico, ahora es posible intensificar y algunas veces incluso sustituir el esfuerzo mental. Algunas consecuencias de este desarrollo ya son evidentes: muchos trabajos peligrosos, físicamente exigentes, o aburridos los realizan máquinas o robots controlados por computadoras; la variedad de los productos se incrementa, la calidad mejora; la productividad, expresada por el rendimiento por trabajo unitario, se eleva; la demanda de recursos naturales disminuye. Una de las características más incisivas del desarrollo es el drástico incremento en nuestra capacidad para reunir y procesar información. En general se acepta que hemos entrado a la Era de la Información. Existen quienes creen que estamos en el proceso de desarrollo hacia una sociedad "postindustrial", en la cual la manufactura se debilitará y el sector de servicios generará riqueza con base en el procesamiento de la información. Para explorar la realidad de tales creencias, es necesario considerar la función de la manufactura en la economía.

2.3 Clasificación de los procesos de manufactura

Los procesos de manufactura pueden dividirse en dos procesos básicos:

- 1) operaciones de procesos.
- 2) operaciones de ensamble.

Una operación de proceso transforma un material de trabajo de una etapa a otra más avanzada, que lo sitúa cerca del estado final deseado para el producto. Esto le agrega valor al cambiar la geometría, las propiedades o la apariencia del material inicial. Por lo general, las operaciones de proceso se ejecutan sobre partes discretas de trabajo, pero algunas de ellas se aplican a artículos ensamblados. Una *operación de ensamble* une dos o más componentes para crear una nueva entidad llamada ensamble, subensamble o cualquier otra manera que se refiera al proceso de unir (por ejemplo a un ensamble soldado se le llama conjunto soldado). En la figura 2.1 se presenta una clasificación de procesos de manufactura.

De acuerdo a esta clasificación anterior, para poder obtener el objetivo de este trabajo nos enfocaremos al proceso de formado, donde la mayoría de los procesos de formado

aplican calor, fuerza mecánica o una combinación de ambas para efectuar un cambio en la geometría del material de trabajo.

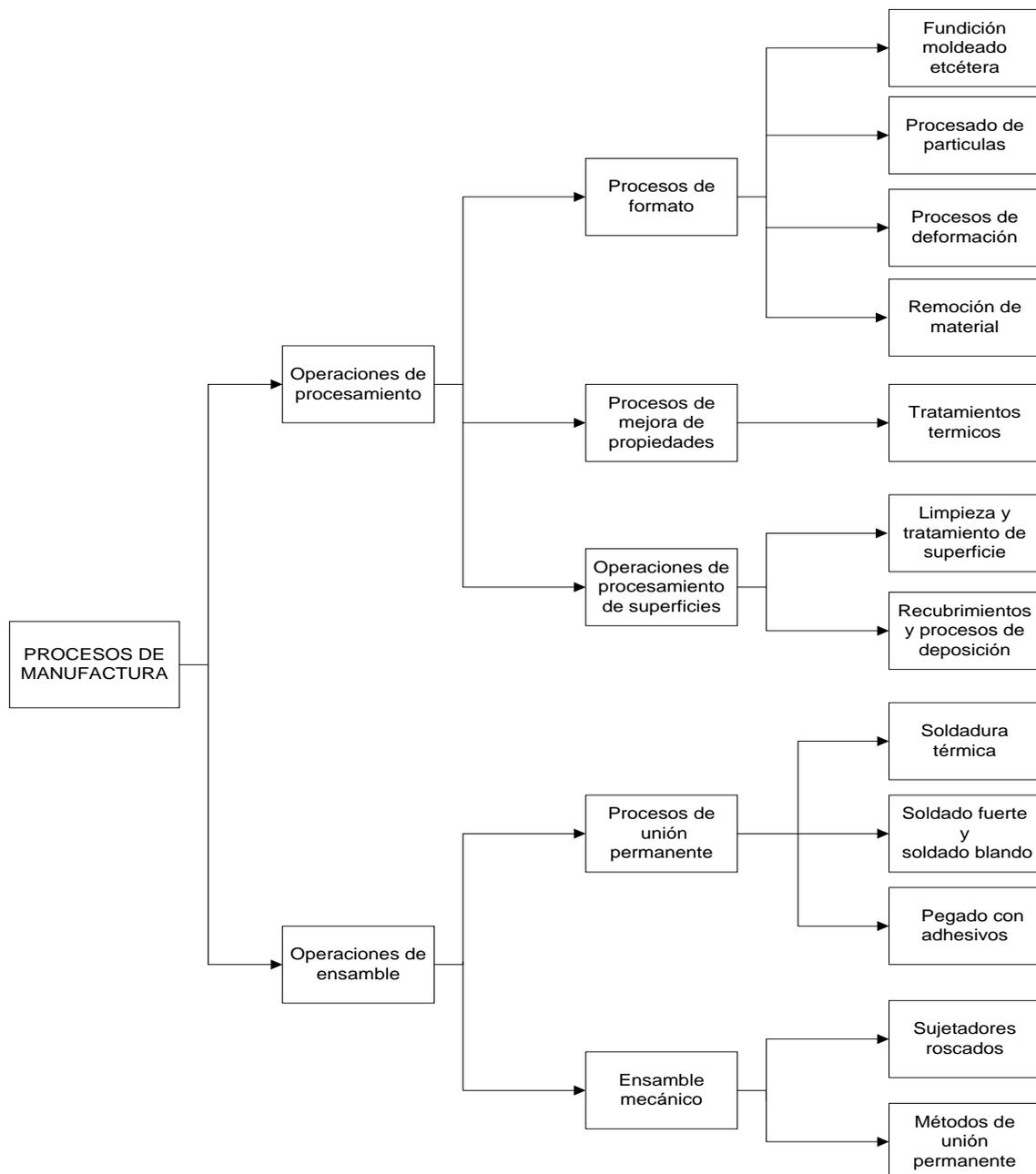


Figura 2.1 Clasificación de los procesos de manufactura.

La clasificación de los procesos de formado se basa en el estado inicial del material y se divide en cuatro categorías:

1. Fundición, moldeado y otros procesos en los que el material inicial es un líquido calentado o semifluido.

2. Procesado de partículas: el material inicial es un polvo que se forma y calienta para darle una geometría deseada.
3. Procesos de deformación: El material inicial es un sólido dúctil (usualmente metal) que se deforma para usar la pieza.
4. Procesos de remoción de material: el material inicial es un sólido (dúctil o frágil) del cual se quita material para que la pieza resultante tenga la geometría deseada.

Esta última categoría es el punto de partida para el proceso de manufactura de nuestra pieza mecánica a desarrollar.

Los procesos de remoción de material son operaciones que quitan el exceso de material de la pieza de trabajo inicial para que la forma resultante adquiera la geometría deseada. Los procesos más importantes en esta categoría son operaciones de *maquinado* como *torneado*, *taladrado* y *fresado*. Figura 2.2.

Estas operaciones de corte son las que más se aplican a metales sólidos. Se ejecutan utilizando herramientas de corte que son más duras y más fuertes que el metal de trabajo.

2.4 Torneado

El torneado es un proceso de maquinado en el cual una herramienta de punta sencilla remueve material de la superficie de una pieza de trabajo cilíndrica en rotación. La herramienta avanza linealmente y en una dirección paralela al eje de rotación, como se ilustra en la figura 2.3.

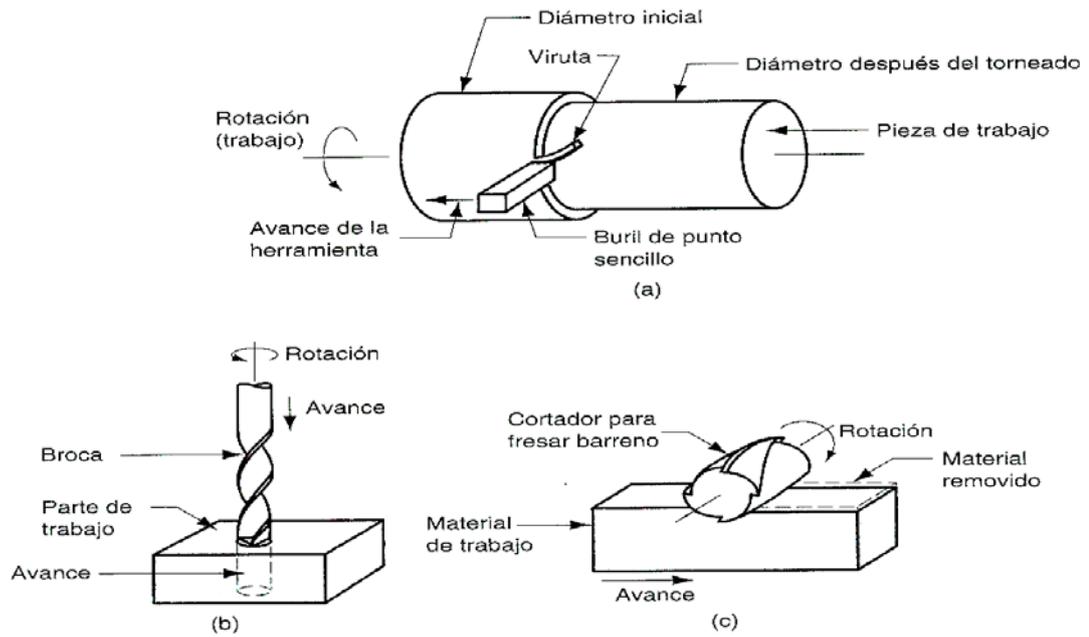


Figura 2.2 Operaciones comunes de maquinado; a) torneado, en el cual un buril de punto sencillo remueve material de una pieza de trabajo giratoria para reducir su diámetro; b) taladrado, donde una broca rotatoria avanza dentro del material para generar un barreno redondo; c) fresado, en el cual se hace avanzar un material de trabajo por medio de un cortador giratorio con filos múltiples.

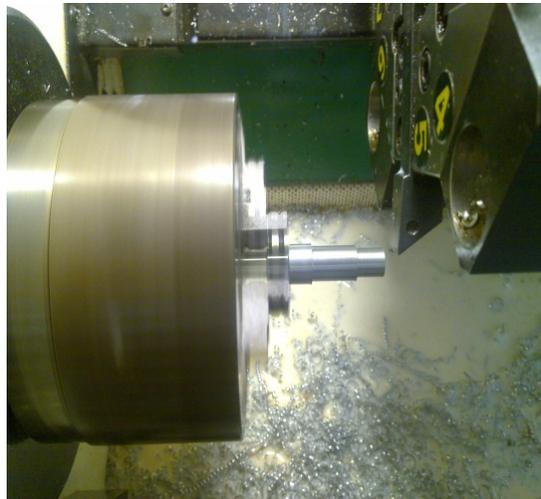


Figura 2.3 Proceso de torneado.

El torneado se lleva a cabo tradicionalmente en una máquina llamada *torno*, la cual suministra la potencia para torner la parte a una velocidad de rotación determinada, con avance de la herramienta y profundidad de corte especificados.

2.4.1 Operaciones relacionadas con el torneado

Además del torneado, se pueden realizar una gran variedad de maquinados en un torno:

- a) *Careado*. La herramienta se alimenta radialmente sobre el extremo del trabajo rotatorio para crear una superficie plana.
- b) *Torneado ahusado o cónico*. En lugar de que la herramienta avance paralelamente al eje de rotación del trabajo, lo hace en cierto ángulo creando una forma cónica.
- c) *Torneado de contornos*. En lugar de que la herramienta avance a lo largo de una línea paralela al eje de rotación como en torneado, sigue un contorno diferente a la línea recta creando así una forma contorneada en la parte torneada.
- d) *Torneado de formas*. En esta operación llamada algunas veces formado, la herramienta tiene una forma que se imparte al trabajo y se hunde radialmente dentro del trabajo.
- e) *Achaflanado*. El borde cortante de la herramienta se usa para cortar un ángulo en la esquina del cilindro y forma lo que se llama un “chaflán”.
- f) *Tronzado*. La herramienta avanza radialmente dentro del trabajo de rotación, en algún punto a lo largo de su longitud, para trozar el extremo de la parte.
- g) *Roscado*. Una herramienta puntiaguda avanza linealmente a través de la superficie externa de la parte de trabajo en rotación y en dirección paralela al eje de rotación, a una velocidad de avance suficiente para crear cuerdas roscadas en el cilindro.
- h) *Perforado*. Una herramienta de punta sencilla avanza en línea paralela al eje de rotación, sobre el diámetro interno de un agujero existente en la parte.
- i) *Taladrado*. El taladrado se puede ejecutar en un torno, haciendo avanzar la broca dentro del trabajo rotatorio a lo largo de su eje. El escariado se puede realizar en forma similar.
- j) *Moleteado*. Ésta no es una operación de maquinado porque no involucra corte de material. Es una operación de formado de metal que se usa para producir un rayado regular o un patrón en la superficie de trabajo.

En la figura 2.4 se ilustran las operaciones relacionadas con el torno.

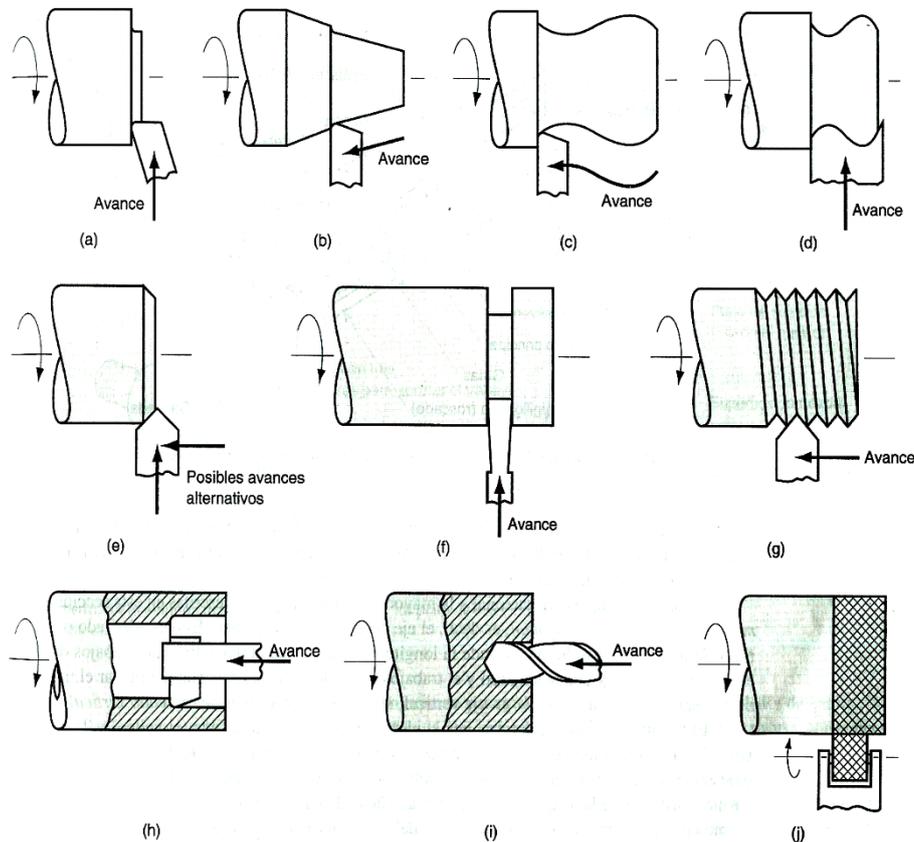


Figura 2.4 Operaciones diferentes al torneado que realizan en un torno: (a) careado, (b) torneado ahusado, (c) torneado de contornos, (d) formado en torno, (e) achaflanado, (f) tronzado, (g) roscado, (h) perforado, (i) taladrado y (j) moleteado.

2.5 Torno de Control Numérico

Se puede definir el torno de control numérico como una máquina de arranque de viruta, construido con unas características mecánicas tales que, combinándola con el armario de Control Numérico, ofrezca una seguridad de rigidez, precisión y repetibilidad suficiente para abordar cualquier tipo de trabajo en piezas de revolución con garantía de éxito.

Para alcanzar un gran rendimiento en el proceso de remoción de material, está dotado de potencias de accionamiento elevadas y, de acuerdo con esta exigencia, el cuerpo básico de la máquina se construye de gran rigidez y con potentes accionamientos principales.

Como debe de alcanzarse una gran precisión de trabajo y ésta debe de mantenerse con el paso del tiempo, los alojamientos principales como husillos, guías, etc., se construye con las dimensiones adecuadas que permitan no solamente una elevada calidad de acabado sino que, a la vez, ésta se mantenga durante mucho tiempo; éste punto es

importante ya que las máquinas de control numérico deben de aprovecharse a fondo por su elevado costo de adquisición.

2.6 Control Numérico

El control numérico CN es una forma de automatización programable en la cual un programa que contiene datos alfanuméricos codificados controla las acciones de una parte del equipo. Los datos representan posiciones relativas entre un cabezal de sujeción y una parte de trabajo. El cabezal de sujeción representa una herramienta u otro elemento de procesamiento y la parte del trabajo es el objeto que se procesa. El principio funcional del CN es controlar el movimiento del cabezal de sujeción en relación con la parte de trabajo y la secuencia en la cual se realizan los movimientos.

En general, con un CN pueden controlarse:

- Los movimientos de los carros o del cabezal.
- El valor y el sentido de las velocidades de avance y de corte.
- Los cambios de herramientas, así como la de piezas.
- Las condiciones de funcionamiento de la máquina, en cuanto a su modo de trabajar (con o sin refrigerante, frenos, etc.), o en cuanto a su estado de funcionamiento (deficiencias, averías, etc.).

Paralelamente, el Control Numérico se encarga de coordinar otras funciones que le son propias. Por ejemplo:

- Control de flujos de información.
- Control de sintaxis de programación.
- Diagnóstico de su funcionamiento, etc.

Toda la información necesaria para la ejecución de una pieza constituye el **PROGRAMA** que es escrito en un lenguaje especial (código) por medio de caracteres alfanuméricos.

Durante muchos años los programas se codificaron en cinta de papel perforado; actualmente en los talleres especializados la cinta perforada se ha sustituido por nuevas

tecnologías de almacenamiento, estas incluyen cintas magnéticas y transferencia electrónica de programas de partes de CN desde una computadora central.

En la tecnología moderna de CN, la Unidad de Control de Máquina –UCM- es una microcomputadora que almacena el programa y lo ejecuta convirtiendo cada comando en acciones mediante el equipo de procesamiento, un comando a la vez.

2.6.1 Instrucciones de programación

Símbolo	Descripción
BILLET	Redefine el tamaño de la pieza.
TOOLDEF	Para definir herramienta.
F	Velocidad de avance.
N	Secuencia.
G	Función de preparación principal.
M	Funciones auxiliares.
/	Cancelación de un bloque y se utiliza con SKIP BLOCK.
L	Numero de ciclo encapsulado.
X	Movimiento en el eje x.
Y	Movimiento en el eje y.
Z	Movimiento en el eje z.
P	Numero de secuencias.
R	Radio del arco.
H	Selección de herramienta en OFFSET.

Códigos G

CODIGO	FUNCIONAMIENTO
G00	Posicionamiento rápido controlado por la máquina.
G01	Interpolación lineal. Es controlado por el programador, se usa solo para movimientos rectos y requiere de n comando de avance.
G02	Interpolación circular (sentido horario). Este comando requiere de dirección (opcional) punto final y centro de arco.
G03	Interpolación circular (sentido anti horario).
G17	Selección del plano x-y usada para cortes circulares.
G20	Información en pulgadas.
G21	Información en mm.
G28	Retorno al punto de referencia de la máquina.
G40	Cancelación de compensación de corte.
G41	Compensación de corte a la izquierda.
G42	Compensación de corte a la derecha.
G45	Incremento de longitud del OFFSET.
G46	Decremento de longitud del OFFSET.
G70	Acabado.
G76	Roscado.

Códigos M

CODIGO	FUNCIONAMIENTO
M00	Parada programada.
M01	Parada programada, condicional.
M02	Fin de programa.
M03	Husillo activado a la derecha.
M04	Husillo activado a la izquierda.
M05	Husillo desconectado.
M08	Refrigerante encendido.
M09	Refrigerante apagado.
M20	Contrapunto atrás.
M21	Contrapunto adelante.
M25	Abrir elemento de amarre.
M26	Cerrar elemento de amarre.
M30	Fin programa.
M71	Soplado conectado.
M72	Soplado desconectado.
M98	Llamada de subrutina.
M99	Fin subrutina, orden de salto.

2.7 Proceso de corte con Sierra Cinta

Cuando se cortan metales, se usan sierras especiales que requieren de un refrigerante que vaya suministrándose constantemente sobre la cuchilla. El refrigerante mantiene a la sierra fresca, impidiendo un sobrecalentamiento que seguramente causaría defectos en los cortes y acortaría el lapso de vida útil de la cuchilla.

Las sierras de cinta de los talleres de máquinas cuentan con equipamiento adicional que les permiten operar de distintas formas y hacen cortes generalmente en sentido vertical.

2.7.1 Aserrado

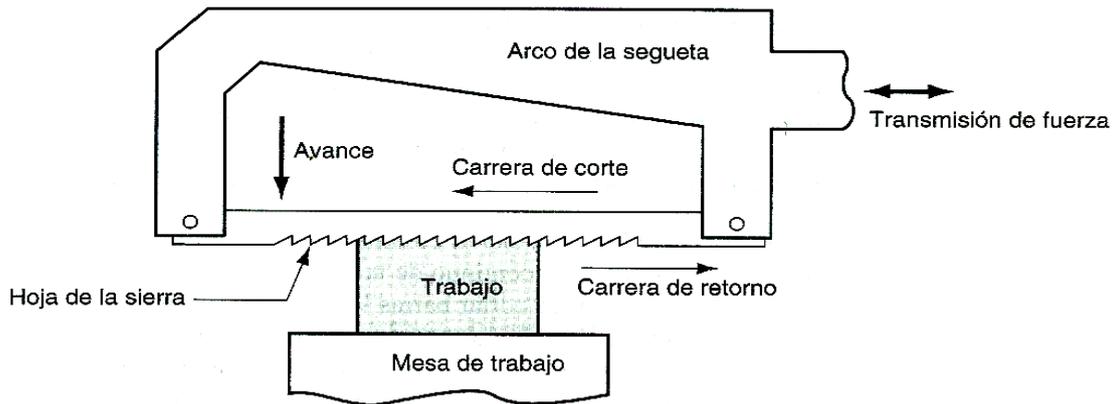
El aserrado es un proceso en el que se corta una hendidura angosta dentro de la parte de trabajo por medio de una herramienta que tiene una serie de dientes estrechamente espaciados. El aserrado se usa normalmente para separar una parte de trabajo en dos piezas o para cortar un trozo no deseado de la pieza. A estas operaciones se les llama frecuentemente operaciones de separación. El aserrado es un proceso importante de manufactura, ya que muchos procesos requieren de operaciones de corte en algunos puntos de su secuencia de manufactura.

En la mayoría de las operaciones de aserrado el trabajo se mantiene estático y la hoja de la sierra se mueve con respecto a él. Hay tres tipos básicos de aserrado, como se muestra en la figura 2.5, de acuerdo con el tipo de movimiento de la sierra a) con segueta, b) con sierra banda y c) con sierra circular.

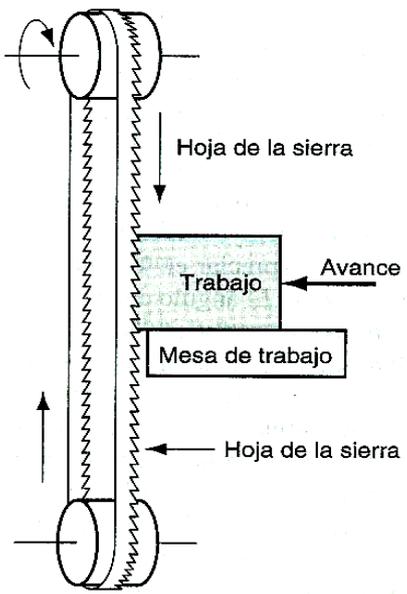
Segueta, El corte con segueta involucra un movimiento lineal de vaivén de la segueta contra el trabajo. Este método de aserrado se usa frecuentemente en operaciones de trozado. El corte se realiza solamente en la carrera hacia delante de la segueta.

Sierra cinta. El aserrado con cinta implica un movimiento lineal continuo que utiliza una *sierra cinta hecha en forma de banda* flexible sin fin con dientes en uno de sus bordes. La máquina aserradora es un sierra cinta que tiene un mecanismo de transmisión con poleas para mover y guiar continuamente la sierra cinta delante del trabajo.

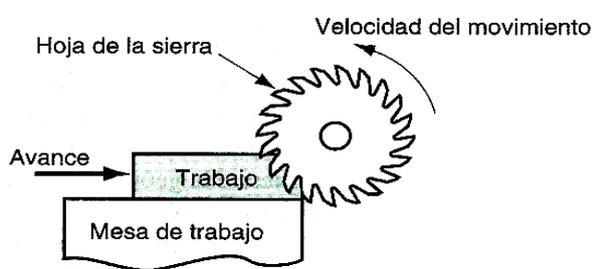
Las sierras cintas horizontales se usan normalmente para operaciones de corte así como alternativas de corte con segueta mecanizada.



(a)



(b)



(c)

Figura 2.5 Tres tipos de operaciones de aserrado: (a) con següeta motorizada, (b) con sierra cinta (vertical) y (c) sierra circular.

CAPÍTULO 3

CONTROL DE CALIDAD

3.1 Introducción

Tradicionalmente, el Control de Calidad se relaciona con la detección de la calidad deficiente en los productos manufacturados y las acciones correctivas para eliminarlas. En el aspecto operativo, el *Control de Calidad* (en inglés *Quality Control*, QC), con frecuencia se había limitado a inspeccionar el producto y sus componentes, y decidir si las dimensiones medidas o calibradas y otras características se apegaban a las especificaciones de diseño. Si cumplía esos parámetros, el producto se enviaba.

La visión moderna del Control de Calidad abarca un ámbito de actividades más amplio, incluyendo el diseño robusto y el control estadístico de procesos.

3.2 Definición de Control de Calidad

Existe mucha literatura en cuanto al concepto de Control de Calidad. En este trabajo, cuya finalidad no es la profundización teórica sino un equilibrio teórico-práctico, se consideran tres de las definiciones más usuales y sencillas de Control de Calidad. Se trata concretamente de las definiciones de Kaoru Ishikawa, de la norma JIS japonesa (en inglés *Japanese Industrial Standards*) sobre terminología de calidad y de J. M. Juran.

Según K. Ishikawa, el control de calidad consiste en “el desarrollo, diseño, producción y comercialización de productos y servicios con una eficacia del costo y una utilidad óptima, todo ello equilibrado con una compra satisfactoria por parte de los clientes”. Para alcanzar estos fines, todas las partes de una empresa (alta dirección, oficina central, fábricas y departamentos individuales tales como producción, diseño, técnico, investigación, planificación, investigación de mercado, administración, contabilidad, materiales, almacenes, ventas, servicio, personal, formación, relaciones laborales y asuntos generales) tienen que trabajar juntos. Todos los departamentos de la empresa tienen que empeñarse en crear sistemas que faciliten la cooperación y en preparar y poner en práctica fielmente las normas internas. Por esta razón, al Control de Calidad visto desde esta óptica se le denomina *Control de Calidad Total* o Control de Calidad para toda la Empresa. Esto sólo puede alcanzarse por medio del uso masivo de diversas técnicas tales como los métodos estadísticos, las normas y reglamentos, los métodos computarizados, el control automático, el control de instalaciones, la investigación

operativa, la ingeniería industrial y la investigación de mercado.

Por otro lado, según las Normas Industriales Japonesas (norma JIS), el Control de Calidad se define como un “sistema de métodos para la provisión costo-eficacia de bienes o servicios cuya calidad es adecuada a los requisitos del comprador”. También esta definición contempla el Control de Calidad como una nueva manera de pensar en la dirección y de dirigir, y considera que la puesta en práctica eficaz del Control de Calidad requiere la participación y la cooperación de todos los empleados de una empresa, desde la alta dirección, pasando por los directivos medios y los supervisores, hasta los trabajadores de base. Esta participación ha de reflejarse en todas las etapas de las actividades de la empresa, como la investigación de mercado, investigación y desarrollo, planificación de productos, diseño, preparación de la producción, compras y subcontratos, producción, inspección, ventas y servicio post-venta, funciones financieras, de personal, de formación y de educación. También la norma JIS contempla que el Control de Calidad moderno ha de hacer uso de los métodos estadísticos, por lo que a veces se le denomina *Control Estadístico de la Calidad*.

En cuanto al propio concepto de calidad también existe mucha literatura al respecto. Entre los autores más prestigiosos tenemos a Juran, que definió la calidad como un conjunto de características de un producto que satisfacen las necesidades de los clientes y que en consecuencia hacen satisfactorio el producto. Por lo tanto puede decirse que la calidad consiste en no tener deficiencias. Por otra parte, la Sociedad Americana para el Control de Calidad (A.S.Q.C.) define la calidad como “el conjunto de características de un producto, proceso o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades del usuario o cliente”. Sea cual sea la definición que se tenga en cuenta, resulta que un producto o servicio es de calidad cuando satisface las necesidades del cliente o usuario en cuanto a *seguridad* (que el producto o servicio confiere al cliente), *fiabilidad* (capacidad que tiene el producto o servicio para cumplir las funciones especificadas sin fallo y por un período determinado de tiempo) y *servicio* (medida en que el fabricante y distribuidor responden en caso de fallo del producto o servicio).

A partir del momento en que se hace necesario el uso de especificaciones del producto, el concepto de calidad genera otra serie de definiciones entre las que se pueden citar las siguientes:

- **Característica de calidad** o propiedad de un producto o servicio que contribuye a su adecuación al uso (rendimiento, sabor, fiabilidad, apariencia, etc.).
- **Calidad de diseño** o adecuación de las características de calidad diseñadas para la generalidad de usuarios.
- **Calidad de conformidad o calidad de fabricación** que indica la fidelidad con que un producto se ajusta a lo establecido en su proyecto.

Sólo obtendremos productos o servicios de calidad cuando se cumplan totalmente los tres apartados anteriores, es decir, cuando podamos definir un conjunto de características de calidad que garanticen una total adecuación al uso por parte del cliente. Es necesario que se elabore un diseño acorde a todas estas características, determinando las especificaciones en cada caso. A partir de aquí lo que falta es fabricar el producto conforme a las especificaciones de diseño.

3.3 Historia del Control de Calidad

Es difícil encontrar los orígenes del Control de Calidad. Podemos remontarnos a la edad antigua para ver los primeros vestigios sobre Control de Calidad. En el Egipto faraónico, y concretamente en la tumba de Thebas, aparecen figuras grabadas que indicaban la ejecución del esculpido de unos bloques de piedra y su posterior verificación. El Código de Hammurabi (1700 a. de C.) contemplaba que si una casa se derrumbaba por estar mal construida y perecían sus moradores, el albañil que la construyó era condenado a muerte. También los inspectores fenicios cortaban la mano a los que reiteradamente fabricaban productos defectuosos.

Ya en la edad media eran los mismos artesanos los que fabricaban y vendían, captando las quejas de los consumidores, lo cual les servía para asegurarse de no volver a cometer fallos. En los siglos XVII Y XVIII los gremios seleccionaban la admisión de nuevos socios, y sólo eran admitidos y autorizados a distinguir sus productos con la marca del gremio aquellos que, además de conocer bien el oficio, demostraban su ética.

A partir de la revolución industrial (siglos XIX y XX), la fabricación en serie y la subdivisión del trabajo en funciones da lugar a que haya unas personas dedicadas a la fabricación y otras a controlar la calidad de lo fabricado. Hasta finales del siglo XIX la

empresa era muy distinta a la actual. Orientada generalmente al sector agrícola, minero o comercial, la explotaban sus propietarios, con la aportación del esfuerzo físico de obreros o esclavos. La calidad ocupaba un segundo plano, determinado por el desconocimiento del consumidor y la falta de competencia.

Con la revolución industrial, el maquinismo, la automatización, las ideas de pensadores como Marx y la aplicación de nuevos sistemas de gestión establecidos por Taylor, nace un nuevo tipo de empresa. El mercado se hace más competitivo, lo que lleva a los empresarios a controlar la calidad de sus productos.

El inicio del Control Estadístico de la Calidad moderno se remonta a 1924 en Norteamérica, cuando en los laboratorios de la Bell Telephone se aplicaron por primera vez gráficos estadísticos para el Control de Calidad de productos manufacturados diseñados por Walter A. Shewhart. En 1931 se publicaba en Nueva York un libro titulado “*Control Económico de calidad de productos manufacturados*”. Aunque este libro buscaba la economía del Control de Calidad, la mayoría de las aplicaciones resultaron altamente costosas. De aquí que, cuando mencionamos el Control de Calidad a muchos fabricantes que vivieron en esa época, el recuerdo que llega a su mente es de grandes esperanzas sobre reducción de costos, montones de papeles y trabajo administrativo seguido de la desilusión resultante de objetivos valiosos pero no logrados.

También en Gran Bretaña se realizaron investigaciones sobre Control de Calidad. En 1935 Pearson publicó artículos sobre Control de Calidad que sirvieron como base a la Norma Británica sobre calidad BS 600. Otros países europeos como Francia, Suiza y Alemania también empezaron a usar los métodos del Control Estadístico de la Calidad.

En la década de los cuarenta comenzó el desarrollo y aplicación de tablas de muestreo para inspección, técnica que ya había sido iniciada a finales de las década de 1920 por Harod, Dodge y Roming, y que durante la década de los treinta fue utilizada por el sector manufacturero del sistema Bell, pero no por la industria en general, que aún no reconocía el valor del Control Estadístico de la Calidad. Se publicaron tablas de muestreo para usos militares y se aprobó su empleo por las fuerzas armadas derivado de la segunda guerra mundial (tablas Military Standar). En 1946 se formó la American

Society for Quality Control (ASQC), que promovió el uso de las técnicas del Control de Calidad para todos los tipos de productos y servicios, ofreciendo conferencias y desarrollando publicaciones técnicas y programas de adiestramiento para asegurar la calidad.

El Dr. William Edwards Deming, especialista en Estadística, visitó el Japón en 1950. El pueblo japonés se recuperaba de los estragos de la guerra, las industrias trataban de salir a flote, pero la calidad de los productos japoneses era muy inferior a la que presentaban los productos importados. El Dr. Deming, en una conferencia ante dirigentes de las grandes industrias, afirmó que si se implantaba en sus fábricas un adecuado Control Estadístico de la Calidad, la marca *Made in Japan* llegaría a convertirse en símbolo de alta calidad.

En 1954 el Dr. J. M. Juran, experto en Control de Calidad, difunde el entusiasmo por los métodos estadísticos y los sistemas de Control de Calidad, no sólo entre los especialistas de cada empresa, sino también entre todos los dirigentes y mandos intermedios. Esta inquietud se extiende en todo Japón, donde se aplican en masa las técnicas estadísticas y se promueven los sistemas de control y mejora de la calidad. Los japoneses aceptan el reto a la calidad, dedicando a sus empresas además de varias horas de trabajo físico, su capacidad intelectual, la cual alcanza hasta los momentos de ocio, que en ocasiones utilizan para dar solución a problemas relativos a la fábrica.

El Dr. Kaoru Ishikawa sirve de columna vertebral en estos programas de calidad y en 1960 instituye los primeros Círculos de Calidad en el Japón. El nivel de calidad de los productos japoneses es hoy óptimo, siendo este país líder de la calidad como en otros tiempos lo fueron Alemania e Inglaterra.

También en las décadas de los cincuenta y sesenta se desarrollaron aspectos del Control de Calidad como los costos de la calidad y la ingeniería de la confiabilidad.

En nuestros días la empresa se enfrenta a un consumidor, usuario y cliente, muy exigente, que conoce cada vez mejor sus necesidades y que gusta de elegir para sí mismo los productos y servicios que precisa. El mundo occidental ha vuelto la mirada hacia el modelo japonés (competencia en calidad-precio) y recientemente otros muchos

países se han dado cuenta de que los métodos del control de calidad japonés son buenos, por lo que muchas empresas lo están aplicando, con las modificaciones adecuadas a sus propias situaciones.

Como podemos observar, el Control de Calidad en productos manufacturados no es algo nuevo. Lo que sí es más reciente es el Control de Calidad en cada una de las etapas del proceso de fabricación. Apoyado por métodos estadísticos, el Control de Calidad nos permite evitar la producción de piezas defectuosas que darían lugar a desperdicios o a la necesidad de nueva fabricación, con la correspondiente pérdida de tiempo y dinero. Se trata de fabricar sólo productos buenos, con la seguridad de que si en cada parte del proceso se obtiene calidad, el resultado final será un producto de calidad.

3.4 Capacidad de Procesos

En cualquier operación de manufactura existe variabilidad en el resultado de un proceso. En una operación de maquinado, que es uno de los procesos más exactos, las partes maquinadas pueden parecer idénticas, pero una inspección más estrecha revela diferencias de dimensiones de una parte a la siguiente.

Las variaciones en la manufactura se dividen en dos tipos

- Las **variaciones aleatorias**: son provocadas por muchos factores: la variabilidad humana con cada ciclo de operaciones, las variaciones en las materias primas, la vibración de las maquinas etc. En forma individual, estos factores tal vez no representen mucho, pero colectivamente los errores pueden acumularse en forma significativa para provocar problemas, a menos que estén dentro de las tolerancias de la parte. Las variaciones aleatorias generalmente forman una distribución estadística normal. El resultado del proceso tiende a agruparse alrededor del valor de la media, en términos de características de calidad del producto que interesa (por ejemplo, la longitud y el diámetro). Una gran porción de la población de partes se centra alrededor de la media, en tanto que menos partes se alejan de ella. Cuando las únicas variaciones en el proceso son de este tipo, se dice que el proceso está dentro del *control estadístico*. Este tipo de variabilidad continuará mientras el proceso opere en forma normal. Cuando el proceso se desvía de esta condición de operación normal aparecen las variaciones del segundo tipo.

- **Las variaciones asignables** indican una excepción de las condiciones de operación normales. Ha ocurrido algo en el proceso que no está considerado dentro de las variaciones aleatorias. Entre las razones de las variaciones asignables están los errores de operadores, las materias primas defectuosas, las fallas en las herramientas, las averías de las máquinas, etc. Las variaciones asignables en la manufactura por lo general se delatan a sí mismas y provocan que el resultado se desvíe de la distribución normal. El proceso ya no está dentro del control estadístico.

La Capacidad de Proceso se relaciona con variaciones normales inherentes en el resultado cuando el proceso está dentro de control estadístico. Por definición, la *Capacidad de Proceso* es igual a ± 3 desviaciones estándar (3σ) alrededor del valor del resultado de la media (un total de seis desviaciones estándar):

$$PC = \mu \pm 3\sigma$$

En donde:

PC= Capacidad de Proceso;

μ = media de proceso, que se establece como el valor nominal de la característica del producto cuando se usa una tolerancia bilateral.

σ = desviación estándar del proceso.

Las suposiciones implícitas en esta definición son:

- 1) el resultado está normalmente distribuido.
 - 2) se ha obtenido una operación estable y el proceso está dentro de control estadístico.
- Bajo estas suposiciones, el 99.73% de las partes producidas tendrán valores de resultado que caen dentro de ± 3.0 de la media.

3.5 Control Estadístico de Procesos.

El *Control Estadístico de Procesos* (en inglés *Statistical Process Control*, SPC) implica el uso de métodos estadísticos para valorar y analizar las variaciones de un proceso. Los métodos del SPC incluyen simplemente llevar registros de los Datos de la Producción, Histogramas, Análisis de Capacidad de Procesos y Gráfica de Control.

El principio implícito en las Gráficas de Control es que las variaciones en cualquier proceso se dividen en dos tipos: 1) Variaciones aleatorias, las cuales son las únicas

presentes si el proceso está dentro de control estadístico y 2) variaciones asignables, que indican una salida del Control Estadístico. El objetivo de una Gráfica de Control es identificar cuándo ha salido de Control Estadístico el proceso, por lo que señala que debe de tomarse una acción correctiva.

Una *Gráfica de Control* es una técnica gráfica en la cual se trazan estadísticas calculadas a partir de valores medidos de ciertas características del proceso durante un periodo, a fin de determinar si el proceso sigue bajo Control Estadístico. La forma general de una Gráfica de Control se ilustra en la figura 3.1 La Gráfica de Control tiene tres líneas horizontales que permanecen constantes con el tiempo: una central, un Límite de Control Inferior (*Lower Control Limit*, LML) y un Límite de Control Superior (*Upper Control Limit*, UCL). La central generalmente se establece en el valor nominal de diseño. Los límites de control superior e inferior se establecen en ± 3 desviaciones estándar de las medidas de muestra.

Es poco probable que una muestra dibujada del proceso se encuentre fuera de los límites de control superior o inferior, mientras las operaciones están dentro de Control Estadístico. Por tanto, si un valor de muestra cae fuera de estos límites, significa que el proceso está fuera de control. El paso siguiente es realizar una investigación para determinar la razón de la condición fuera de control, con acciones correctivas convenientes para eliminar tal condición. Por las mismas razones, si el proceso se encuentra bajo Control Estadístico y no hay evidencias de tendencias no deseadas en los datos, no deben hacerse ajustes, dado que introducirían una variación asignable en el proceso.

Hay dos tipos básicos de Gráficas de Control: 1) Gráfica de control por variables y 2) Gráfica de control por atributos. Las Gráficas de control por variables requieren una medición de la característica de la calidad que interesa. Las Gráficas de Control por atributos simplemente requieren que se determine si una parte está defectuosa o cuántos defectos hay en la muestra.

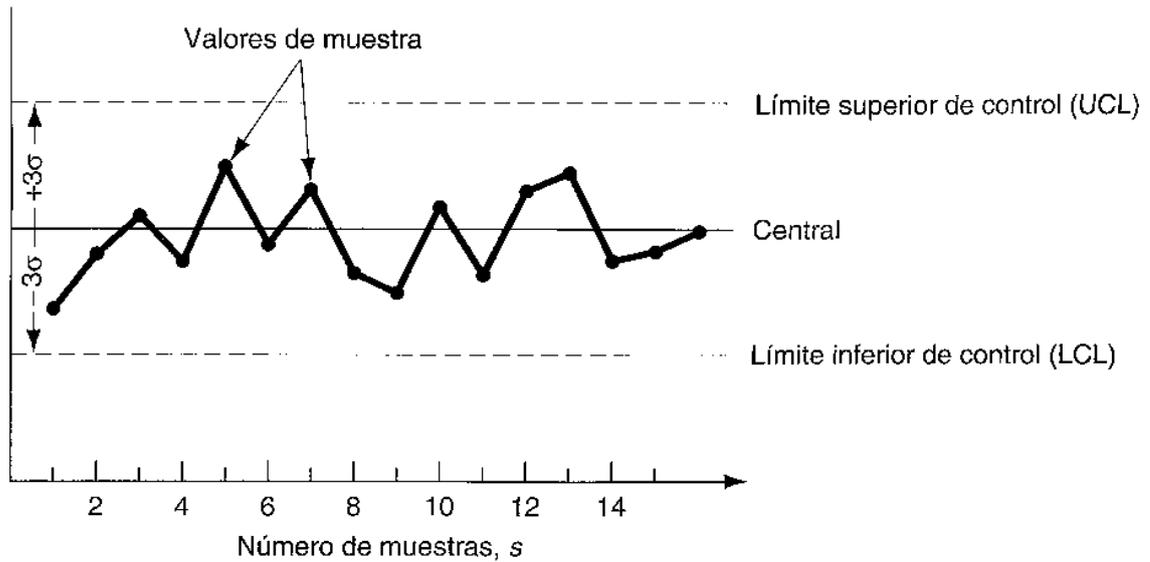


Figura 3.1 Gráfica de control.

3.5.1 Gráficas de Control por variables

Un proceso que está fuera de Control Estadístico manifiesta esta condición en forma de cambios significativos en: 1) la media del proceso y 2) la variabilidad del proceso. En correspondencia con estas posibilidades, hay dos tipos de Gráfica de Control por variables: 1) la gráfica \bar{x} y 2) la carta R .

La Gráfica \bar{x} (denominada “gráfica de barras x ”) se usa para trazar el valor medido promedio de cierta calidad característica para cada una de una serie de muestras tomadas del proceso de producción. Indica cómo cambia la media del proceso durante un periodo.

La Gráfica R traza el rango de cada muestra, con lo que vigila la variabilidad del proceso e indica si cambia con respecto el tiempo.

Debe seleccionarse una característica de calidad conveniente del proceso como la variable que se va a vigilar en las Gráficas \bar{x} y R . En un proceso mecánico, esto podría ser el diámetro de un eje o alguna otra dimensión importante. Deben usarse mediciones del proceso mismo para construir las dos gráficas de control.

Con el proceso funcionando en forma regular y carente de variaciones asignables, se recopila una serie de muestras (se recomienda $m = 20$ o más) de tamaño pequeño (por ejemplo, $n = 5$ partes por muestra) y se miden las características que interesan de cada parte. Se usa el procedimiento siguiente para construir el centro, el límite de control superior y el límite de control inferior para cada gráfica:

1. Calcular la media \bar{x} y el rango R para cada una de las m muestras.
2. Calcular la media total $\bar{\bar{x}}$, que es la media de los valores de \bar{x} para las m muestras; ésta será el centro de la gráfica \bar{x} .
3. Calcular \bar{R} , que es la media de los valores R para las m muestras; ésta será el centro de la gráfica R .
4. Determinar los límites de control superior e inferior, UCL y LCL, para las gráficas \bar{x} y R . Podrán estimarse los valores de la desviación estándar a partir de los datos de muestra y usarse para calcular estos límites de control. Sin embargo, un enfoque más fácil se basa en los factores estadísticos incluidos en la tabla 3.1, que se han derivado específicamente para estas cartas de control. Los valores de los factores dependen del tamaño de la muestra n .

Para la Gráfica \bar{x} ,

$$\text{LCL} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$$

$$\text{UCL} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$$

Y para la Gráfica R

$$\text{LCL} = D_3 \bar{R}$$

$$\text{UCL} = D_4 \bar{R}$$

Tamaño de muestra n	Gráfica \bar{x}	Gráfica R	
	A^2	D^3	D^4
3	1.023	0	2.574
4	0.729	0	2.282
5	0.577	0	2.114
6	0.483	0	2.004
7	0.419	0.076	1.924
8	0.373	0.136	1.864
9	0.337	0.184	1.816
10	0.308	0.223	1.777

Tabla 3.1 Constantes para las gráficas \bar{x} y R .

3.5.2 Gráficas de Control por atributos

Las *gráficas de control por atributos* no usan una variable de calidad medida; en lugar de eso, vigilan la cantidad de defectos presentes en la muestra o la tasa fraccionaria de defectos según las estadísticas trazadas. Entre los ejemplos de estos tipos de atributos se encuentran las cantidades de defectos por automóviles, la fracción de partes estropeadas en una muestra, la existencia o ausencia de rebabas en el moldeado plástico y la cantidad de defectos en un rodillo de acero laminado. En el grupo se incluyen los procedimientos de inspección que implican la calibración pasa/no pasa, debido a que determinan si una parte es buena o no.

Los dos tipos principales de gráficas de control por atributos son 1) la *gráfica p*, que traza la razón de defectos por fracción en muestras sucesivas y 2) la *gráfica c*, que traza la cantidad de defectos, fallas u otras alteraciones por muestra.

Gráfica p. En la gráfica *p*, la característica de calidad que interesa es la proporción (*p*) de unidades defectuosas o que no se apegan al diseño. Por cada muestra, esta proporción p_i es la razón de la cantidad de artículos d_i defectuosos o que no se apeguen a la cantidad de unidades n , (suponemos muestras de tamaño igual para construir y usar la gráfica de control):

$$p_i = \frac{d_i}{n}$$

en donde se usa i para identificar la muestra. Si se promedian los valores p_i para una cantidad de muestra suficiente, el valor de la media \bar{p} es una estimación razonable del valor verdadero p para el proceso. La gráfica *p* se basa en una distribución de binomios, en donde p es la probabilidad de una unidad que no se apegue al diseño. El centro de la gráfica *p* es el valor calculado de \bar{p} para m muestras de igual tamaño n , recopiladas mientras el proceso opera bajo control estadístico.

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{m}$$

Los límites de control se calculan como tres desviaciones estándar en cualquier lado del centro. Por tanto:

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

en donde la desviación estándar de \bar{p} en la distribución de binomio se proporciona mediante:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

Si el valor de \bar{p} es relativamente bajo y el tamaño de la muestra n es pequeño, es probable que el límite inferior de control, calculado mediante la primera de estas ecuaciones sea un valor negativo. En este caso, suponga que $LCL = 0$ (la razón de defectos por fracción no puede ser menor que 0).

Gráfica c. En la gráfica c (c quiere decir cuenta) la cantidad de defectos en la muestra es graficada contra el tiempo. La muestra puede ser un producto único tal como un automóvil y $c =$ la cantidad de defectos de calidad encontrados durante la inspección final. La muestra puede ser también una extensión de alfombras en la fábrica antes del corte y $c =$ cantidad de imperfecciones descubiertas en tal tira. La gráfica c se basa en la distribución de Poisson, en donde $c =$ parámetro que representa la cantidad de eventos que ocurren dentro de un espacio de muestra definido (defectos por auto o imperfecciones por longitud especificada de la alfombra). Nuestro mejor estimado del valor verdadero de c es el valor de la media sobre una gran cantidad de muestras obtenidas mientras el proceso está bajo control estadístico:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}$$

Este valor de c se usa como el centro de la gráfica de control. En la distribución de Poisson, la desviación estándar es la raíz cuadrada del parámetro c , por tanto, los límites de control son

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

3.6 Herramientas estadísticas.

Existen técnicas simples como los *diagramas causa-efecto*, los *diagramas de Pareto*, los *histogramas* y *hojas de recogida de datos*, las cuales se exponen a continuación de modo conceptual.

3.6.1 Diagrama causa-efecto

También llamado *diagrama de la espina de pescado* por la forma característica que tiene. Fue creado por el Dr. Kaoru Ishikawa como herramienta de trabajo para los Círculos de Calidad.

Se utiliza para representar gráficamente de una forma clara y precisa qué factores afectan a un problema de calidad. En concreto se trata de averiguar a través de un efecto las causas que lo motivan para luego poder tomar acciones correctivas. Este diagrama proporciona bases para discusión de los factores que afectan a un problema y su interrelación y se utiliza principalmente en la solución de problemas de calidad, aunque también puede utilizarse sin limitación en la resolución de problemas en cualquier actividad: industrial, comercial, económica, social, etc.

El diagrama causa-efecto consiste básicamente en definir un objetivo o efecto (mejorar eficiencia, reducir rechazos, etc.), teorizar sobre las posibles causas que motivan el efecto y representar gráficamente las causas y los factores que afectan al objetivo en una estructura que Ishikawa denomina *fishbone* (espina de pescado). Cuando han sido definidas las principales causas, se hallan las subcausas, y así sucesivamente. En próximas sesiones al cabo de unos días, se recogen algunas nuevas causas para ir alimentando el diagrama con el afán de mantener siempre vivo y abierto el proceso de identificación de causas que afectan a la calidad.

Este diagrama se denomina de espina de pescado porque en su forma más simple consiste en una flecha horizontal que apunta hacia un efecto, y cuatro o seis flechas principales que se orientan hacia la flecha horizontal. Cada una de estas flechas corresponde a cada una de las causas principales que intervienen en el efecto y que normalmente son: Materiales, Métodos, Máquinas y Mano de obra. Como los cuatro elementos comienzan por la letra M, el diagrama causa-efecto también se conoce por el

nombre de *diagrama de las cuatro M*. En cada una de las flechas principales pueden incidir flechas secundarias relativas a subcausas de cada causa principal. En estas flechas se van anotando las distintas subcausas. Actualmente el diagrama de las cuatro M está siendo sustituido por el llamado *diagrama de las seis M*, agregándole ahora dos elementos más: Medio ambiente y Mantenimiento.

Para la construcción del diagrama causa-efecto, en el extremo derecho de la flecha principal se escribe el efecto al que queremos buscarle las causas. Las flechas secundarias relativas a cada causa (cada M) que interviene en el proceso y que producen el efecto, se orientan de forma inclinada hacia la flecha principal incidiendo sobre ella con un ángulo aproximado de 30 grados. Las subcausas que se vayan detectando relativas a cada causa se anotarán en su correspondiente flecha secundaria mediante nuevas flechas más pequeñas que inciden sobre la flecha secundaria también de modo inclinado. Siguiendo el proceso con distintos niveles de subcausas se consigue un diagrama muy similar a una espina de pescado. Figura 3.2.

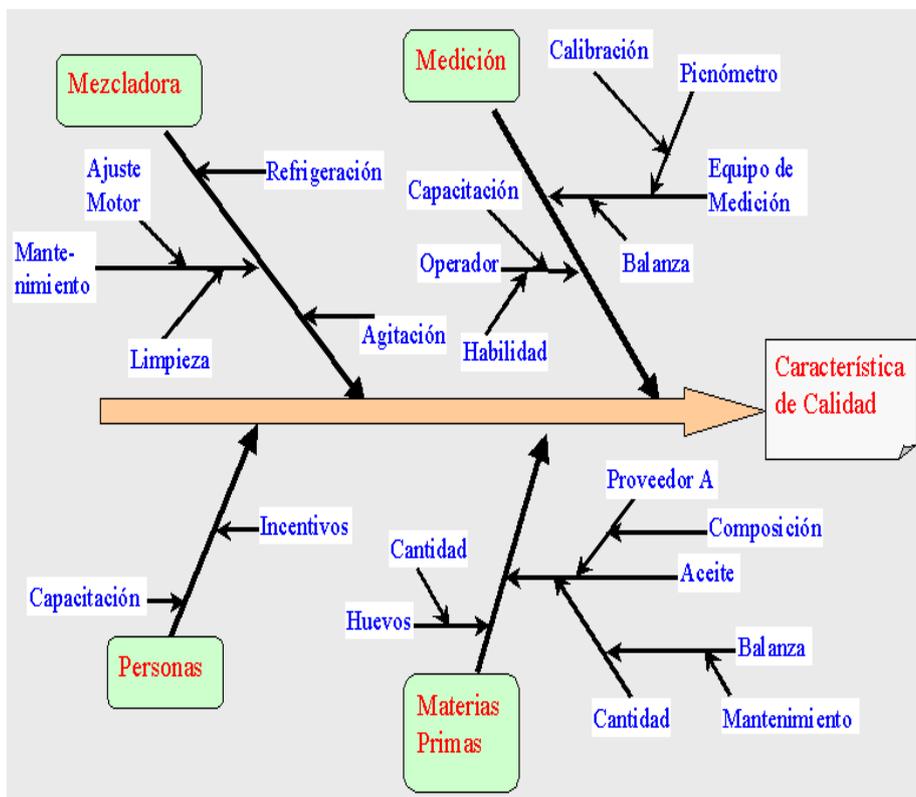


Figura 3.2 Diagrama causa-efecto.

3.6.2 Diagrama de Pareto o análisis A-B-C

Wilfredo Pareto, economista italiano (1848-1923), enunció el principio de la distribución de la riqueza diciendo que el 80% de la riqueza está en manos del 20% de la población. El Diagrama de Pareto, llamado también análisis ABC, consiste esencialmente en la clasificación de los elementos o factores que intervienen en un proceso por su orden de importancia para poder tratar cada una de ellos de una forma distinta según su peso específico.

Realmente unas pocas causas son las que producen la mayoría de los efectos, es decir, que el resultado de un proceso dependerá esencialmente de un número pequeño de los factores que intervienen en el mismo. Si logramos determinar cuáles son estas causas o factores vitales podremos concentrar nuestros esfuerzos en el estudio de las mismas, con lo que resolveremos la mayoría del problema. De aquí se deriva la famosa frase de Pareto que sostiene que "aplicando la atención a los pocos asuntos vitales, se consigue la máxima eficacia y rendimiento de los esfuerzos dedicados".

El principio de Pareto es aplicable a múltiples actividades. Pone de manifiesto siempre aquellos asuntos que tienen más importancia en el conjunto del problema. Por ejemplo: El 80% de las ventas se realiza al 20% de los clientes, el 80% del valor del inventario lo absorbe el 20% de artículos, el 80% del costo está dedicado al 20% de los productos, el 80% de los problemas de calidad lo acapara el 20% de los productos, etc.

Para desarrollar un Diagrama de Pareto o diagrama ABC, en primer lugar se decide sobre el asunto y características de calidad a analizar y su medida (máquinas, piezas, defectos, departamentos, operarios, costo, etc.). A continuación se decide sobre el origen de los datos (históricos o retrospectivos, actuales o de nueva información, etc.). La siguiente fase es decidir sobre el tamaño de la muestra (hasta qué fecha incluir los datos históricos, cuántos datos actuales, etc.). A continuación se verifican los datos históricos o se confronta la exactitud de los datos actuales para pasar a registrar los datos medidos sobre las características de calidad en una hoja de registro adecuada y ordenarlos del más grande al más pequeño. A partir de este momento se establece la siguiente operativa:

- Efectuar las sumas acumuladas de los datos ordenados empezando por el

mayor.

- Dividir cada valor acumulado por el total acumulado para hallar el porcentaje en importancia de cada dato en el total.
- Construir un diagrama de barras para los datos colocando el porcentaje en importancia como altura de la barra (ordenadas) y los datos en el eje horizontal, del más grande al más pequeño.
- Analizar los resultados.

Algunas cuestiones que se deben tener presentes al preparar los diagramas de Pareto son las siguientes:

- Registrar siempre el número total de elementos, cantidades de dinero y las fechas o las horas en que se recogieron los datos.
- En la medida de lo posible, estratificar los datos según las diferentes causas, tipos de defectos, pérdidas, reclamaciones, etc. El método de estratificación dependerá del propósito de la recogida de datos.
- Si es posible, expresar las pérdidas en términos monetarios en vez de en números, cantidades, porcentajes de defectos, etc. Según el problema, la dispersión a la que contribuye cada causa también se puede expresar en términos de la varianza (en forma de un porcentaje de contribución).
- Pensar en el propósito de la preparación del diagrama cuando se decida el periodo para el cual se van a recoger los datos. Este periodo no debe ser demasiado corto ni debe ser tan largo que incluya los resultados de varias acciones correctoras.
- Si se ejerce alguna acción, dibujar los Diagramas de Pareto antes y después con objeto de comprobar los resultados.
- En la medida de lo posible, estratificar los Diagramas de Pareto por horas, máquinas, etc.
- Desglosar los problemas mayores con más detalle y preparar Diagramas de Pareto individuales para ellos.
- Empezar siempre con el problema que vaya a traer los mayores beneficios si se resuelve.
- Formar equipos de personas de todos los departamentos pertinentes, hacer que

cada departamento discuta las propuestas para resolver el problema, y hacer que cooperen para encontrar una solución.

- Preparar Diagramas de Pareto para cada mes y cada periodo contable.
- Si los defectos o las pérdidas más frecuentes decrecen súbitamente, esto indica que o bien ha tenido éxito el esfuerzo cooperativo o que el proceso u otros factores han cambiado súbitamente aunque nada se haya hecho al respecto.
- Si diferentes tipos de defectos o pérdidas decrecen de una forma aproximadamente uniforme, esto indica generalmente que el control ha mejorado.
- Si el defecto o la pérdida más frecuente cambia todos los meses pero no disminuye mucho el porcentaje global de defecto, se sospechará falta de control.

3.6.3 Histogramas

Una vez obtenidos los datos de un problema, es práctico representarlos de una forma gráfica que refleje la dispersión de los valores respecto de la media. Obsérvese que mientras el Diagrama de Pareto se orienta a representar causas o condiciones en la hipótesis generalmente confirmada por los hechos de que una o un número reducido de causas o condiciones asocian la mayor parte de un problema, en un histograma se refleja generalmente resultados de un proceso para todas las causas. Por lo tanto el histograma es muy útil para estudiar los factores que intervienen en la calidad.

Un histograma se construye dibujando una recta horizontal y colocando una escala en la misma, definiendo una sucesión ordenada de rangos de valores. En cada rango se dibuja una columna cuya altura indica el número de veces en que el valor del resultado del proceso se incluye en ese rango. Se pueden dibujar, además, la media obtenida real y el valor medio objetivo. Figura 3.3.

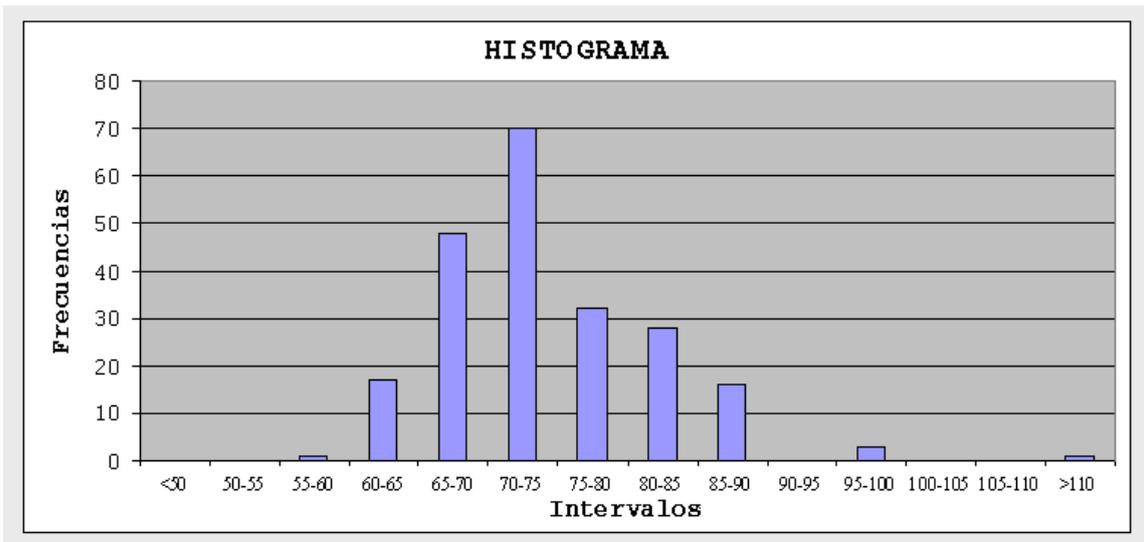


Figura 3.3 Histograma.

3.6.4 Hojas de recogida de datos

No es difícil suponer que para mejorar la calidad se necesitan datos. Pero muchas veces los datos se toman de forma desordenada o mal documentada, haciendo imposible su análisis posterior. Otras veces los datos son incorrectos porque se han tomado de forma distinta a la prevista, y las conclusiones que se obtienen a partir de éstos carecen de sentido por mucho esmero que se ponga en su análisis. Por tanto, la recolección de datos debe efectuarse de manera cuidadosa y exacta, y para ello nada mejor que utilizar plantillas especialmente diseñadas para cada caso.

Los objetivos que se pretenden con el uso de las plantillas son, entre otros, facilitar las tareas de recogida de la información, evitar la posibilidad de errores o malos entendidos y permitir el análisis rápido de los datos. Las plantillas para la recogida de datos pueden tener distintas finalidades, como controlar una variable de un proceso, llevar un control de productos defectuosos, estudiar la localización de defectos en un producto, estudiar las causas que originan los defectos o realizar la revisión global de un producto.

En la recogida de datos conviene tener presente las siguientes reglas:

- No tomar datos si después no se van a utilizar. Puede parecer obvio pero es una costumbre bastante arraigada. Los datos inútiles sólo sirven para dificultar la localización de los útiles.

- Asegurarse de que los datos se toman de forma que su análisis sea fácil, de lo contrario es probable que no se haga nunca. Entretenerse en el diseño de la plantilla de recogida de datos es una de las actividades más rentables que pueden realizarse.
- No pasar los datos a limpio. Es una pérdida de tiempo y una fuente de errores. Es necesario anotarlos de forma clara y ordenada a la primera.

CAPÍTULO 4

MINITAB Y LAS GRÁFICAS DE CONTROL \bar{x} y R.

4.1 Minitab

Minitab es un software estadístico. Se trata de un programa fácil de utilizar, que implementa sus procedimientos vía menús desplegables y vía macros. Permite la exportación e importación de datos de otras aplicaciones como EXCEL, LOTUS, QUATRPRO, DBASE, etc. También implementa técnicas DDE (*Dynamic Data Exchange*) de intercambio dinámico de datos y admite la conectividad con bases de datos externas a través de ODBC (*Open DataBase Conectivity*). En cuanto al contenido estadístico, es un software compacto que trata desde procedimientos de estadística básica (estadística descriptiva, regresión simple, distribuciones de probabilidad, etc.) hasta procedimientos avanzados relativos a regresión múltiple, análisis multivariable, series temporales, simulación, etc.

Minitab implementa los procedimientos de control de calidad en la subopción *Herramientas de calidad* de la opción *Estadística* del menú general del programa, tal y como se presenta en la figura 4.1. En la parte inferior de esta misma figura aparece una hoja de cálculo que se utiliza para introducir datos en variables (una variable por columna) para utilizar en los análisis estadísticos.

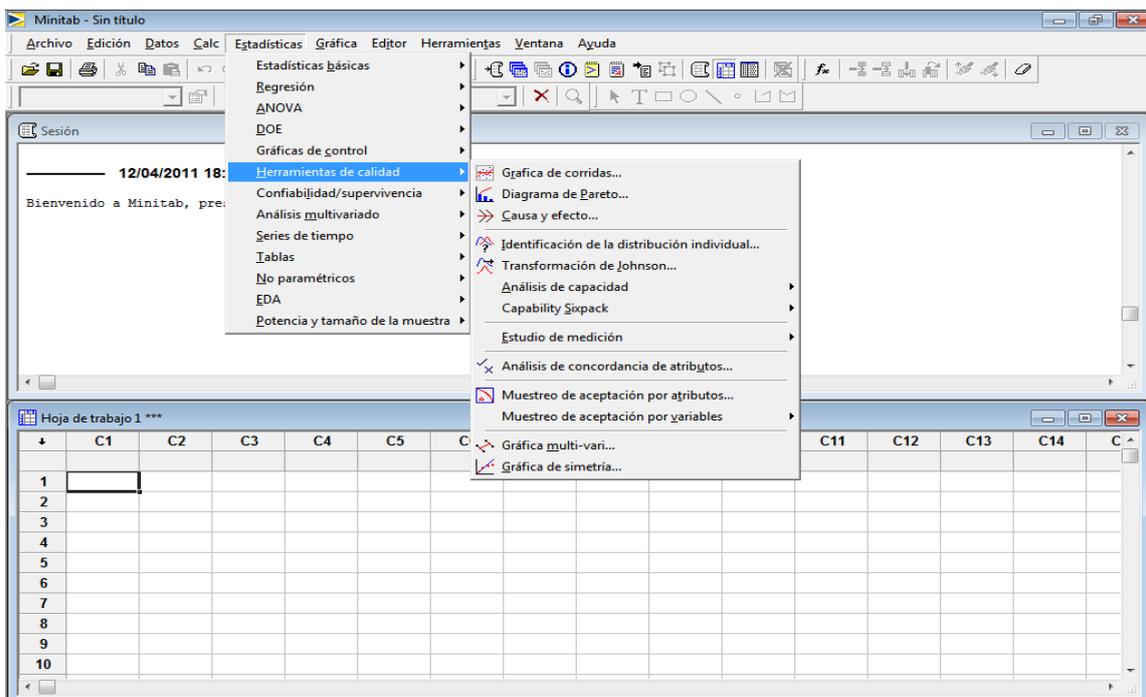


Figura 4.1 Subopción *Herramientas de calidad* de la opción *Estadística*.

Las herramientas de control de calidad relativas a los gráficos de control las implementa Minitab en la subopción *Gráficas de Control* de la opción *Estadística* del menú principal, según se puede observar en la figura 4.2.

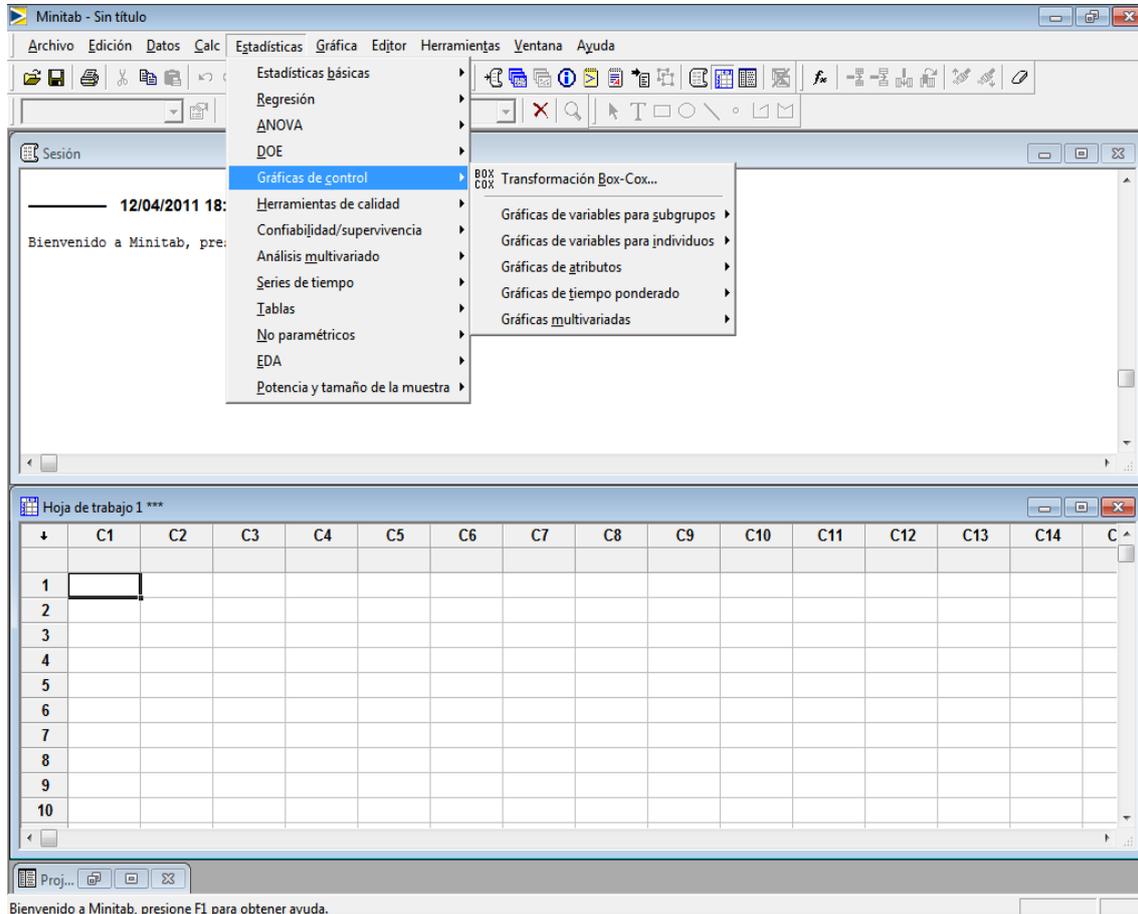


Figura 4.2 Subopción *Gráficas de Control* de la opción *Estadística*.

Minitab está orientado a las aplicaciones que giran en torno al control y la mejora de la calidad, pero pensamos que puede ser igualmente útil a personas que trabajen en otros ámbitos y necesiten analizar datos, especialmente en entornos industriales.

Estas son algunas de las posibilidades que nos brinda Minitab:

1. Gráficos para una variable.
 - Histogramas.
 - Diagrama de tallo y hojas.
 - Diagrama de puntos.
 - Boxplots.

- Diagrama de barras.
 - Diagramas de pastel.
2. Diagramas de Pareto y causa-efecto.
 3. Diagramas bivariantes.
 - Estratificación.
 - Gráficas bivariantes con paneles.
 - Diagrama bivariantes con gráficos marginales.
 - Matrices de diagramas bivariantes.
 - Gráficos con 3 dimensiones.
 4. Contraste de hipótesis.
 - Comparación de 2 medias, 2 varianzas o 2 proporciones.
 - Comparación de más de 2 medias (análisis de varianza).
 5. Control estadístico de proceso.
 - Gráficas de control para variables I: Observaciones individuales.
 - Gráficos de control para variables II: Medias y rangos.
 - Gráfico de medias.
 - Gráfico de Rango.
 - Gráfico medias-rangos “*Xbar-R*”
 - Gráficas de control para atributos.

4.2 Ejemplo

A continuación se realizará un **gráfico de control** \bar{x} y **R**. Para el cual se tiene el siguiente ejemplo: Los anillos para pistones de un motor de automóvil se producen mediante un proceso de fundición. Quiere establecerse el control estadístico del diámetro interior de los anillos fabricados con este proceso utilizando **gráficas** \bar{x} y **R**. Se toman 25 muestras, cada una de tamaño cinco. En la tabla 4.1 se muestran los datos de la medición del diámetro interior de estas muestras.

Nota: La versión del software estadístico, que se utilizará es **Minitab 15 Español**, instalado en sistema operativo **Windows 7**. También pueden ser utilizadas versiones anteriores de ambos sistemas.

Tabla 4.1 Datos de la medición del diámetro interior de los anillos.

Número de muestras	Observaciones				
1	74.030	74.002	74.019	73.992	74.008
2	73.995	73.992	74.001	74.011	74.004
3	73.988	74.024	74.021	74.005	74.002
4	74.002	73.996	73.993	74.015	74.009
5	73.992	74.007	74.015	73.989	74.014
6	74.009	73.994	73.997	73.985	73.993
7	73.995	74.006	73.994	74.000	74.005
8	73.985	74.003	73.993	74.015	73.988
9	74.008	73.995	74.009	74.005	74.004
10	73.998	74.000	73.990	74.007	73.995
11	73.994	73.998	73.994	73.995	73.990
12	74.004	74.000	74.007	74.000	73.996
13	73.983	74.002	73.998	73.997	74.012
14	74.006	73.967	73.994	74.000	73.984
15	74.012	74.014	73.998	73.999	74.007
16	74.000	73.984	74.005	73.998	73.996
17	73.994	74.012	73.986	74.005	74.007
18	74.006	74.010	74.018	74.003	74.000
19	73.984	74.002	74.003	74.005	73.997
20	74.000	74.010	74.013	74.020	74.003
21	73.982	74.001	74.015	74.005	73.996
22	74.004	73.999	73.990	74.006	74.009
23	74.010	73.989	73.990	74.009	74.014
24	74.015	74.008	73.993	74.000	74.010
25	73.982	73.984	73.995	74.017	74.013

Paso 1. Ejecutar el Software Minitab. Seleccionar en la barra de inicio del sistema operativo; *Inicio > Todos los programas > Minitab solutions > Software estadístico Minitab 15 Español*, figura 4.3.

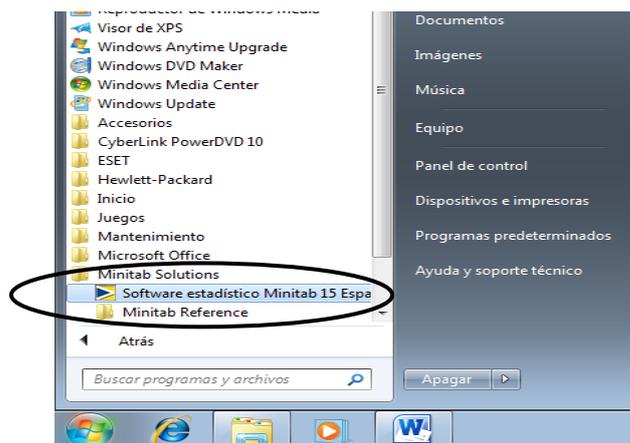


Figura 4.3 Barra de inicio del sistema operativo.

Después de haber realizado los pasos anteriores, se tiene la hoja principal de Minitab; en la parte superior se encuentra el menú principal; en la parte central la hoja de sesión y

por último en la parte inferior se encuentra la hoja de trabajo, en la cual se introduce los datos, figura 4.4.

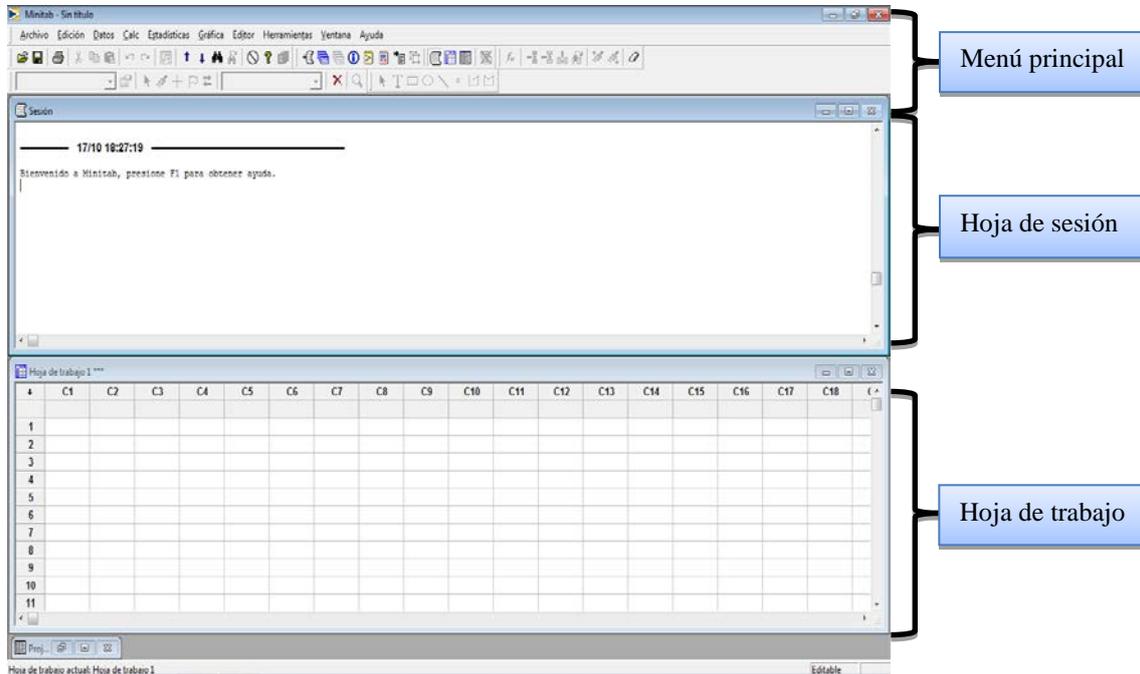


Figura 4.4 Hoja principal de Minitab.

Paso 2. Introducción de datos. Introducir en la hoja de trabajo de Minitab, los valores de los diámetros de la tabla 4.1, dividir en muestras, cada muestra tiene 5 observaciones, figura 4.5.

The screenshot shows the Minitab worksheet with data entered in the first five columns (C1-C5) for 11 rows. The data values are as follows:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
1	74.030	74.002	74.019	73.992	74.008													
2	73.995	73.992	74.001	74.011	74.004													
3	73.988	74.024	74.021	74.005	74.002													
4	74.002	73.996	73.993	74.015	74.009													
5	73.992	74.007	74.015	73.989	74.014													
6	74.009	73.994	73.997	73.985	73.993													
7	73.995	74.006	73.994	74.000	74.005													
8	73.985	74.003	73.993	74.015	73.988													
9	74.008	73.995	74.009	74.005	74.004													
10	73.998	74.000	73.990	74.007	73.995													
11	73.994	73.998	73.994	73.995	73.990													

Figura 4.5 Hoja de trabajo de Minitab.

Paso 3. Calcular la media de cada muestra. Después de haber introducido en la hoja de trabajo, los datos de cada muestra, en el menú principal de Minitab, seleccionar; **Calc > Estadística de filas** > Dar **Clic**, figura 4.6.

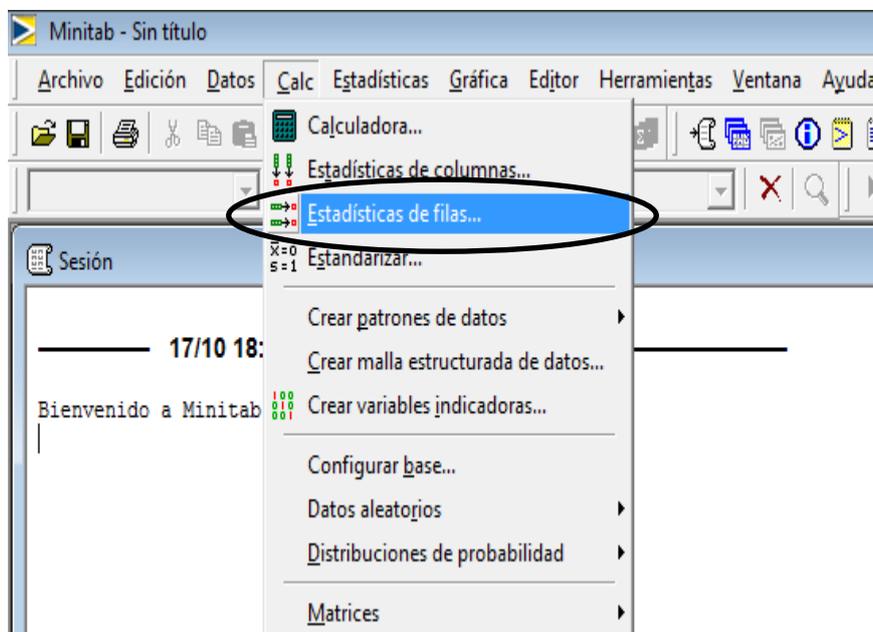


Figura 4.6 Menú principal de Minitab, cálculo de la media de cada muestra.

Minitab muestra el recuadro **Estadísticas de filas**, figura 4.7.

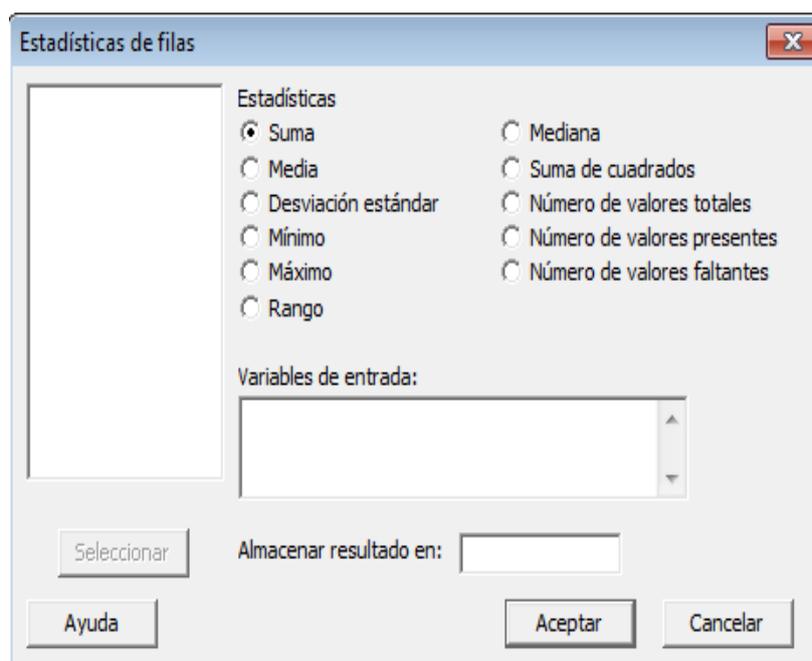


Figura 4.7 Recuadro Estadísticas de filas.

Seleccionar; *Media* > Introducir en *Variables de entrada*; C1, C2, C3, C4 y C5 > Introducir en *Almacenar resultado en*; C6 > Dar clic en *Aceptar*, figura 4.8.

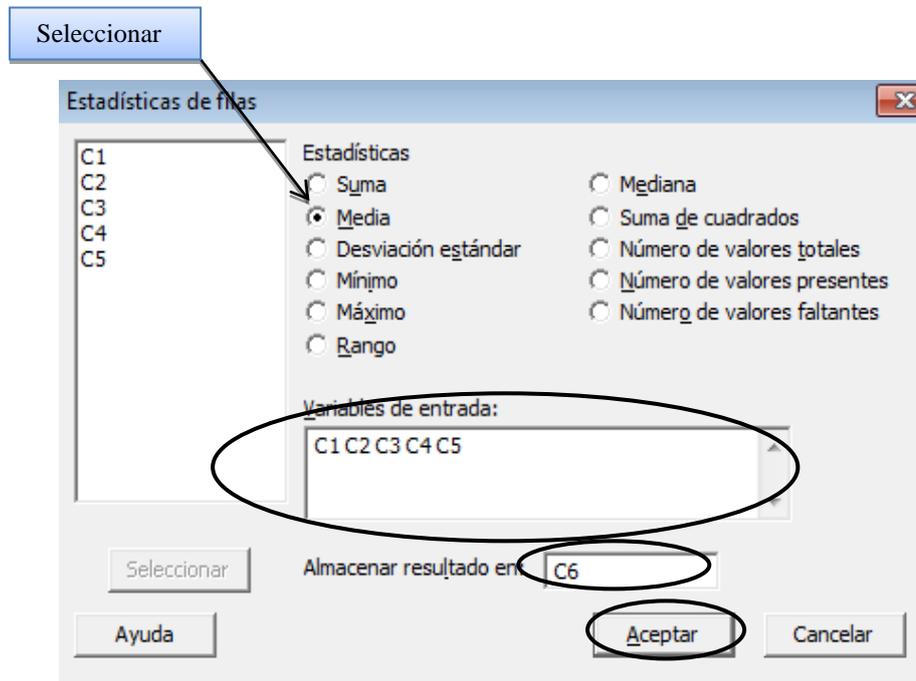


Figura 4.8 Recuadro estadísticas de filas, cálculo de la media de cada muestra.

En la hoja de trabajo se tiene el valor de la media de cada muestra en la *columna C6*, figura 4.9.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
1	74.030	74.002	74.019	73.992	74.008	74.0102	
2	73.995	73.992	74.001	74.011	74.004	74.0006	
3	73.988	74.024	74.021	74.005	74.002	74.0080	
4	74.002	73.996	73.993	74.015	74.009	74.0030	
5	73.992	74.007	74.015	73.989	74.014	74.0034	
6	74.009	73.994	73.997	73.985	73.993	73.9956	
7	73.995	74.006	73.994	74.000	74.005	74.0000	
8	73.985	74.003	73.993	74.015	73.988	73.9968	
9	74.008	73.995	74.009	74.005	74.004	74.0042	
10	73.998	74.000	73.990	74.007	73.995	73.9980	
11	73.994	73.998	73.994	73.995	73.990	73.9942	

Figura 4.9 Valor de la media de cada muestra, hoja de trabajo.

Paso 4. Calcular el valor de la media de las medias de las muestras. En el menú principal de Minitab, seleccionar; *Calc > Estadística de columnas...* > Dar clic, figura 4.10.

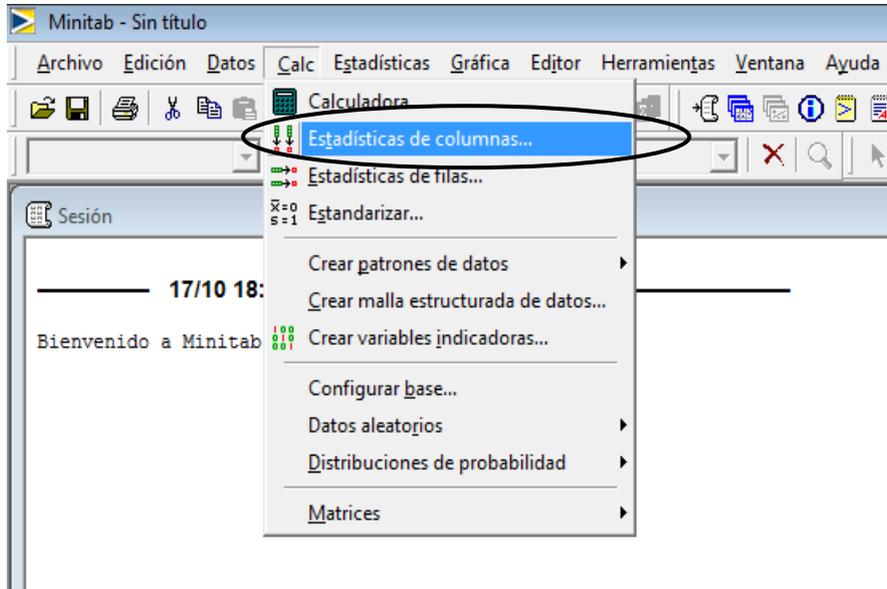


Figura 4.10 Menú principal de Minitab, cálculo de la media de las medias de las muestras.

Minitab muestra el recuadro *Estadísticas de columnas*, figura 4.11.

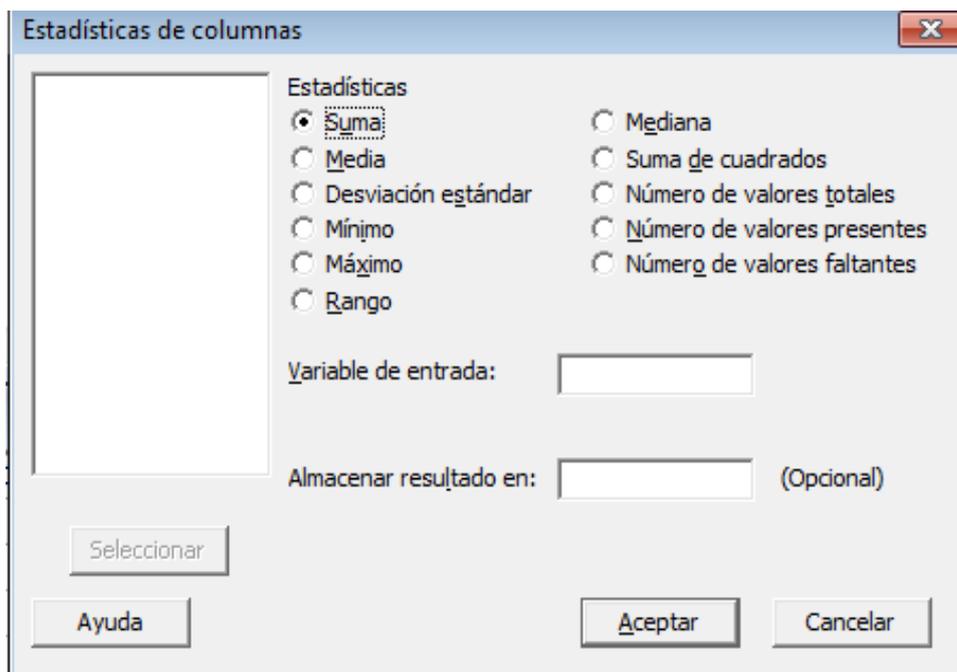


Figura 4.11 Recuadro estadísticas de columnas.

Seleccionar; *Media* > Introducir en *variable de entrada*; C6 > Dar clic en *Aceptar*, figura 4.12.

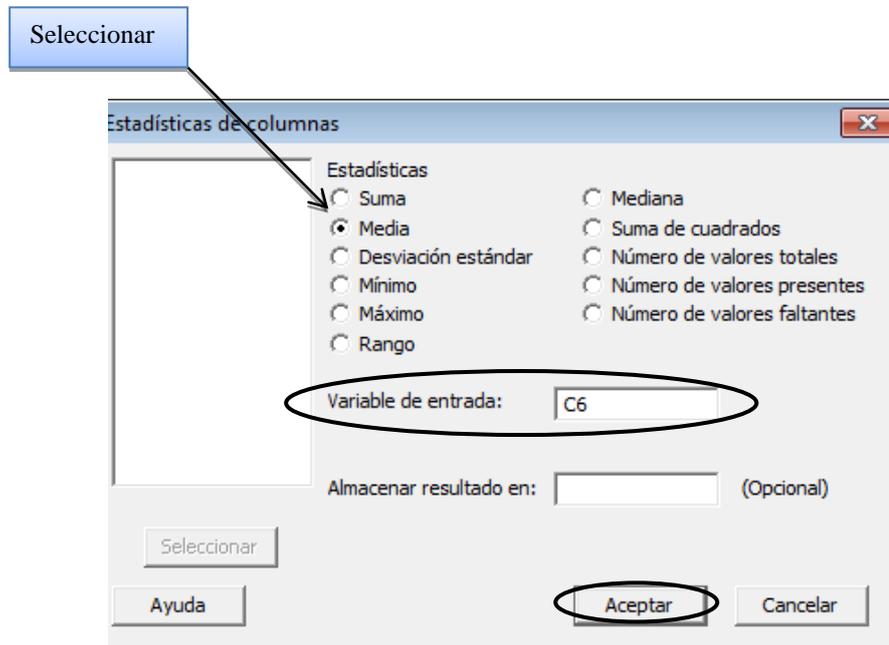


Figura 4.12 Recuadro estadísticas de columna, cálculo de la media de las medias las muestras.

Ahora se tiene el valor de la media de las medias de las muestra, en la hoja de sesión, figura 4.13.

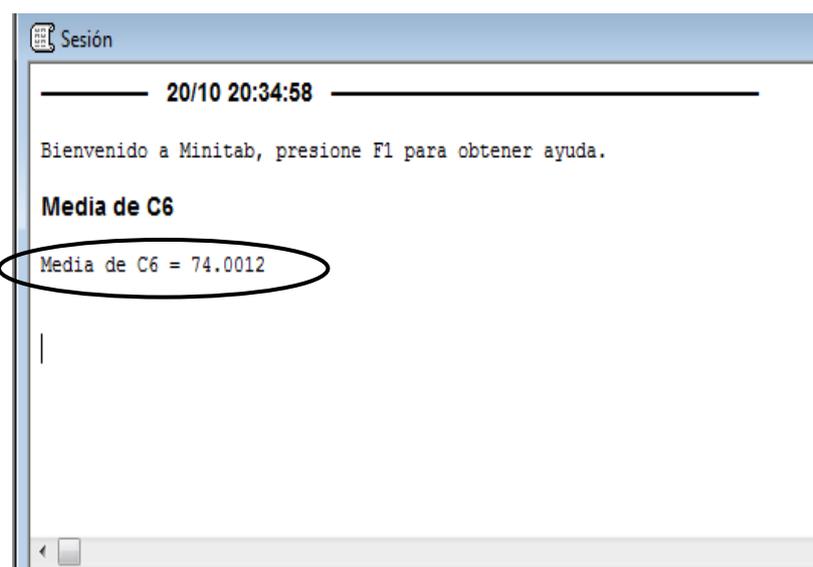


Figura 4.13 Valor de la media de las medias de las muestras, hoja de sesión.

Paso 5. Apilar datos. Para la construcción de la *gráfica de control* \bar{x} y R , se necesita apilar los datos de cada muestra. En el menú principal de Minitab, seleccionar; *Datos > Apilar > Filas > Dar clic*, figura 4.14.

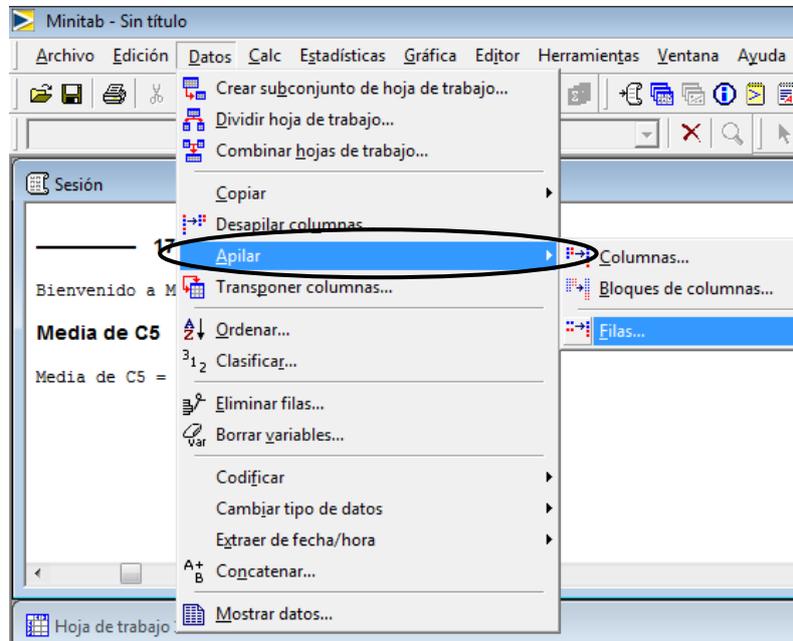


Figura 4.14 Menú principal de Minitab, apilar datos de las muestras.

Minitab muestra el recuadro *apilar filas*, figura 4.15.

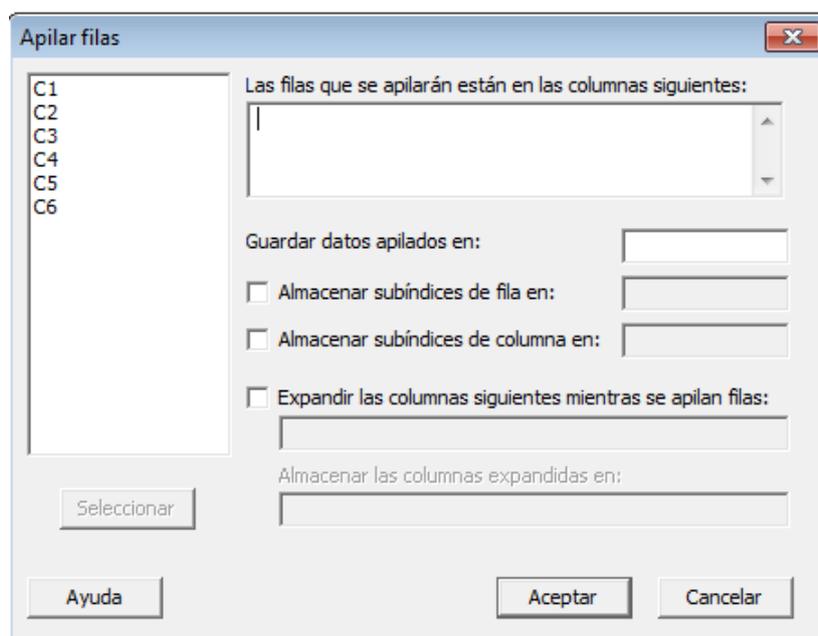


Figura 4.15 Recuadro apilar filas.

Introducir en *Las filas que se apilarán están en las columnas siguientes*; C1, C2, C3, C4 y C5 > En *Guardar datos apilados en*; C8 > Dar clic en *Aceptar*, figura 4.16.

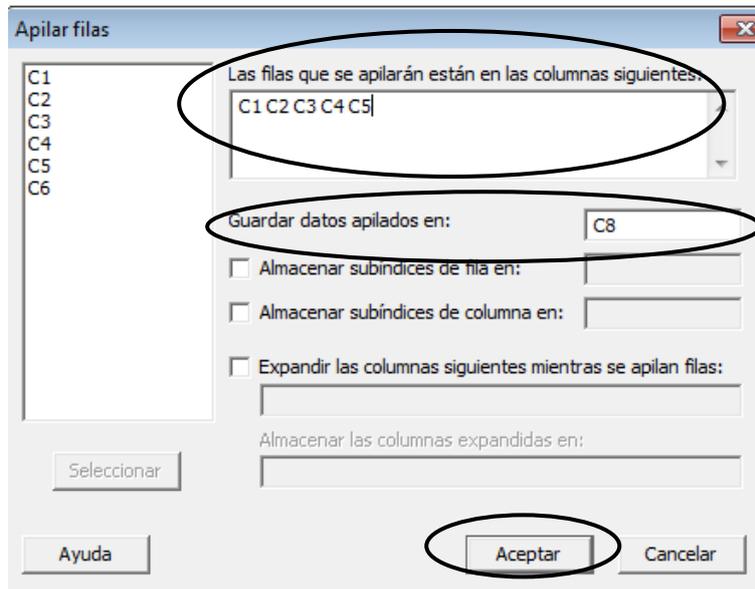


Figura 4.16 Recuadro apilar filas, introducción de columnas para apilar, C1, C2, C3, C4 y C5, guardar datos en columna C8.

En la hoja de trabajo se muestra la nueva *columna C8*, con todos los datos apilados de cada muestra, figura 4.17.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
1	74.030	74.002	74.019	73.992	74.008	74.0102		74.030	
2	73.995	73.992	74.001	74.011	74.004	74.0006		74.002	
3	73.988	74.024	74.021	74.005	74.002	74.0080		74.019	
4	74.002	73.996	73.993	74.015	74.009	74.0030		73.992	
5	73.992	74.007	74.015	73.989	74.014	74.0034		74.008	
6	74.009	73.994	73.997	73.985	73.993	73.9956		73.995	
7	73.995	74.006	73.994	74.000	74.005	74.0000		73.992	
8	73.985	74.003	73.993	74.015	73.988	73.9968		74.001	
9	74.008	73.995	74.009	74.005	74.004	74.0042		74.011	
10	73.998	74.000	73.990	74.007	73.995	73.9980		74.004	
11	73.994	73.998	73.994	73.995	73.990	73.9942		73.988	

Figura 4.17 Datos apilados, en la nueva columna, hoja de trabajo.

Paso 6. Construcción de la gráfica de control \bar{x} y R. En el menú principal de Minitab, seleccionar; *Estadísticas > Gráficas de control > Gráficas de variables para subgrupos > Xbarra-R... > Dar clic*, figura 4.18.

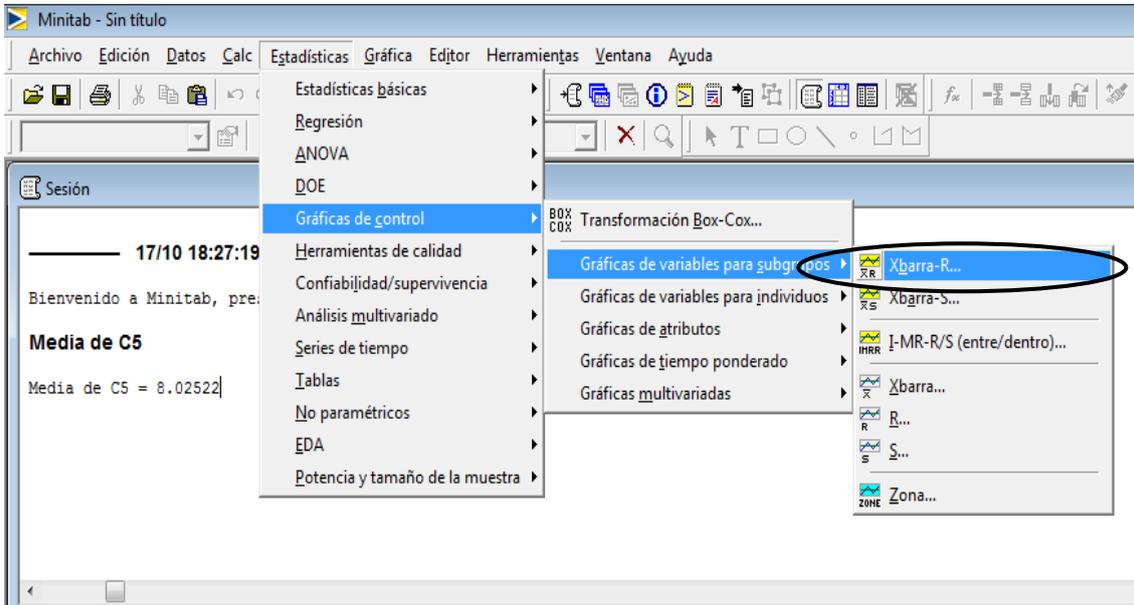


Figura 4.18 Menú principal de Minitab, construcción de la gráfica Xbarra-R.

Minitab muestra el recuadro *Gráfica Xbarra-R*; seleccionar la opción *Opciones de Xbarra-R...* figura 4.19.

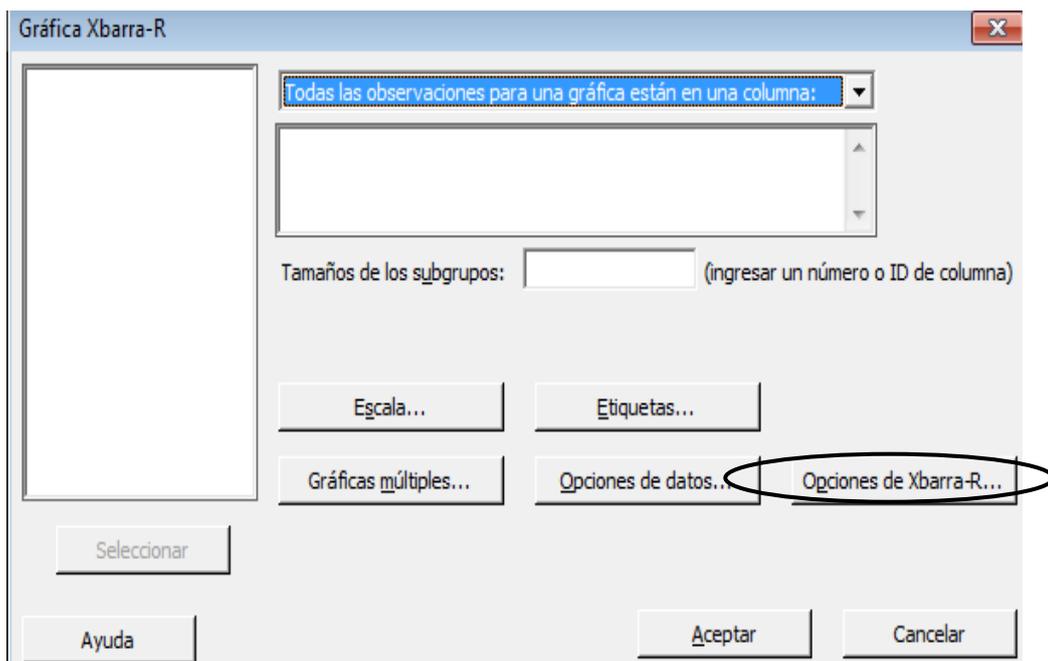


Figura 4.19 Recuadro gráfica Xbarra-R.

Minitab muestra el recuadro *Gráfica Xbarra-R –Opciones*, figura 4.20.

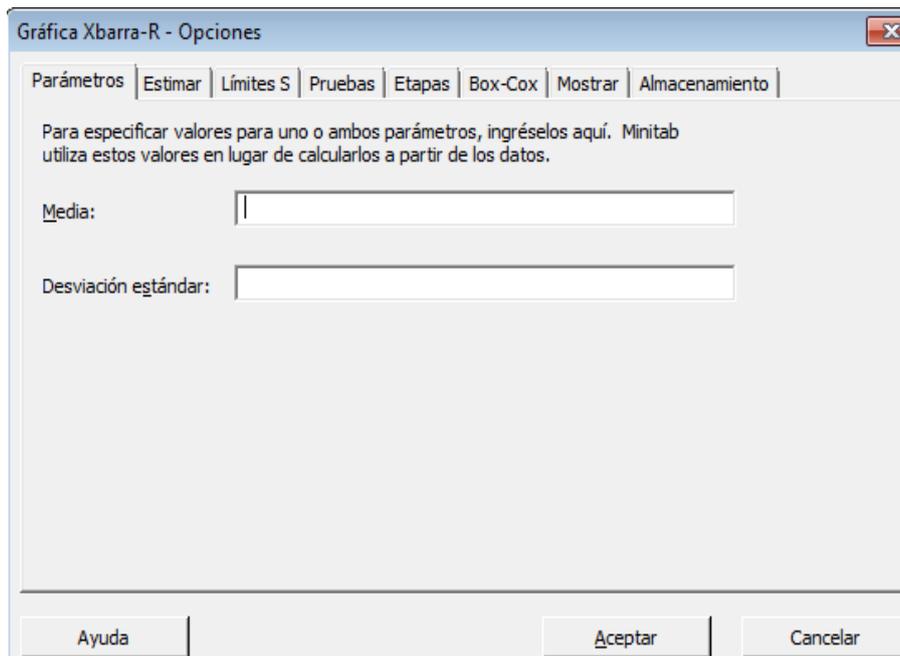


Figura 4.20 Recuadro gráfica Xbarra-R -opciones.

En el recuadro *Gráficas Xbarra-R –Opciones*, introducir el valor de la media de las medias, el cual se encuentra en la hoja de sesión, dar clic en *Aceptar*, figura 4.21.

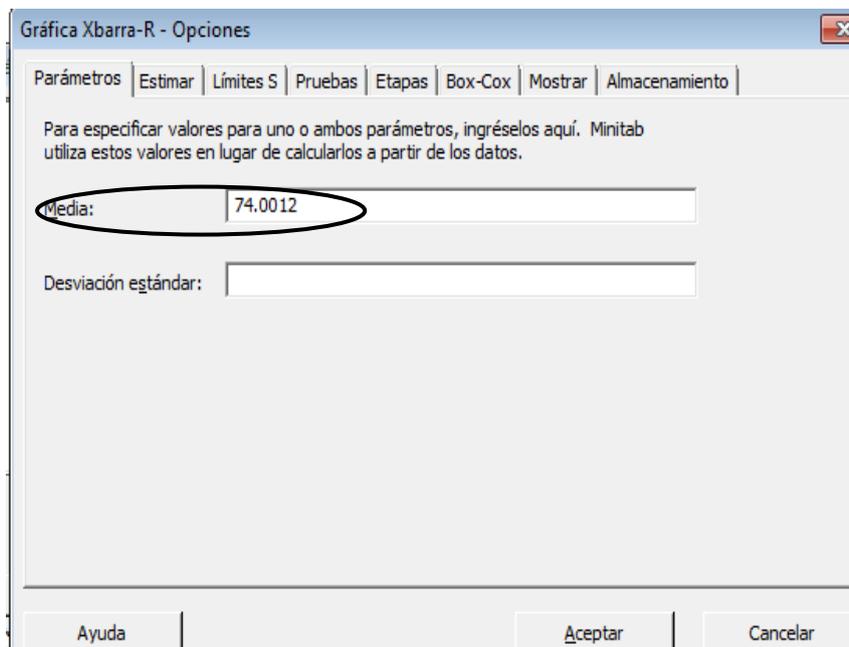


Figura 4.21 Recuadro gráfica Xbarra-R –opciones, introducción del valor de la media de las medias.

Después de haber introducido el valor de la media de las medias, dar clic en la pestaña *Estimar* del recuadro *Gráficas Xbarra-R – Opciones*, figura 4.22.

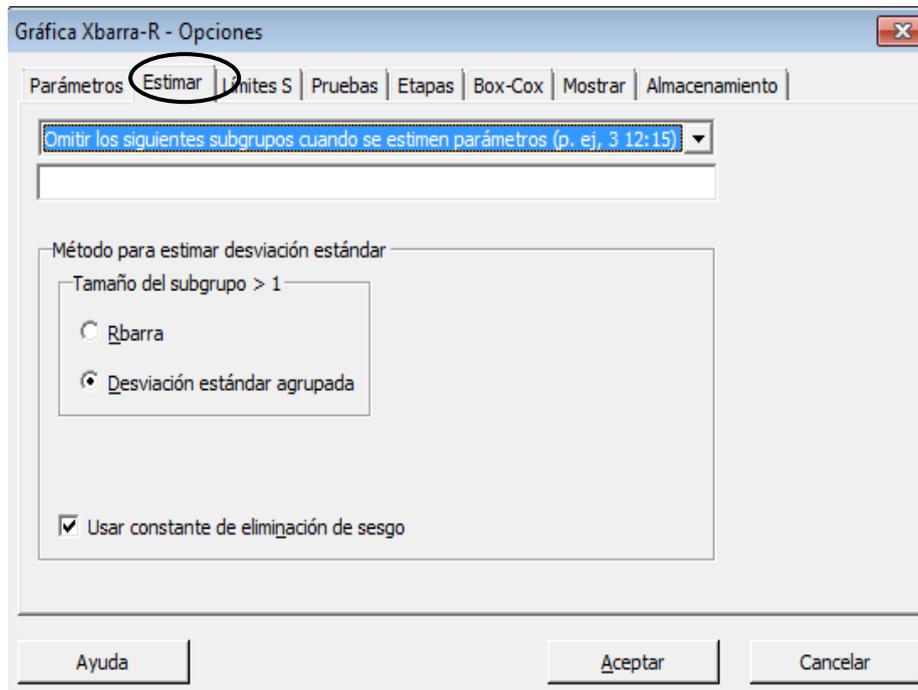


Figura 4.22 Recuadro Gráficas Xbarra-R – Opciones, Estimar.

Seleccionar la opción *Rbarra* y clic en *Aceptar*, figura 4.23.

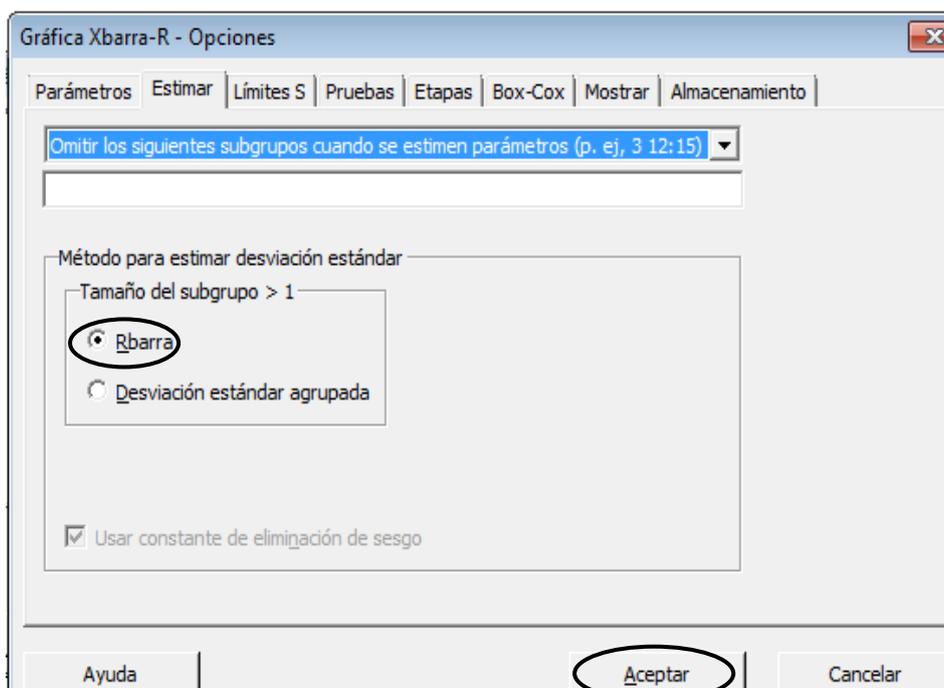


Figura 4.23 Recuadro Gráfica Xbarra-R – Opciones, opción Rbarra.

En el recuadro *Gráfica Xbarra-R*, seleccionar la opción *Etiquetas...*, figura 4.24.

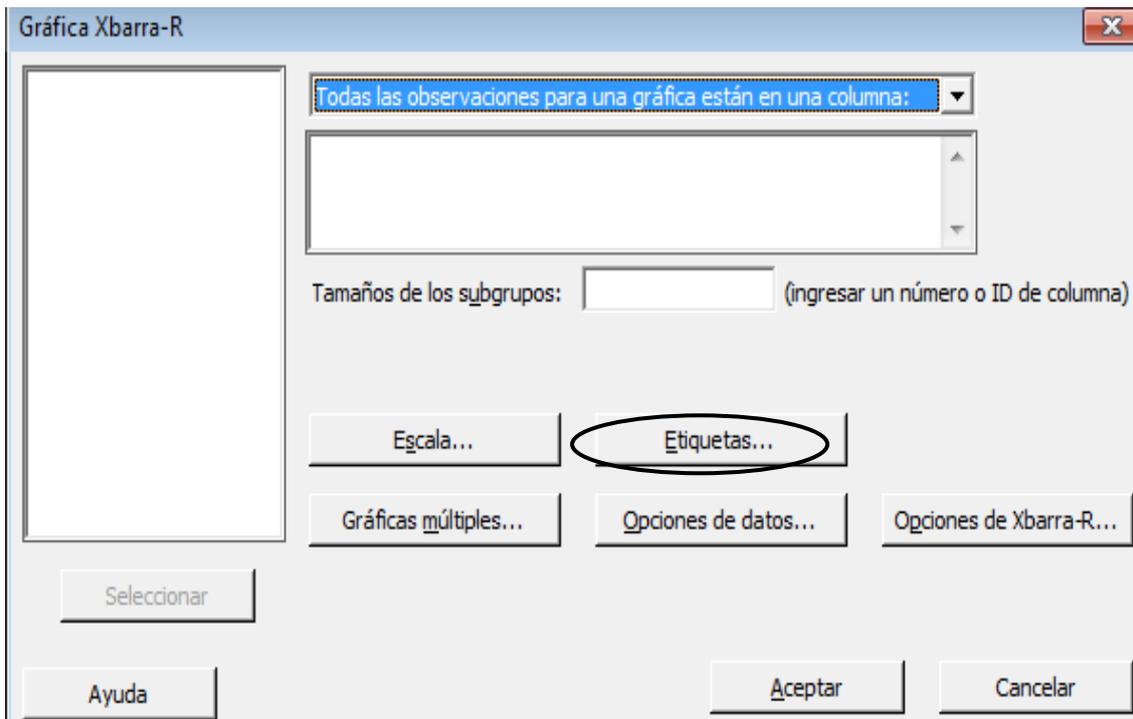


Figura 4.24 Recuadro Gráfica Xbarra-R.

Se muestra el recuadro, *Gráficas Xbarra-R – Etiquetas*, figura 4.25.

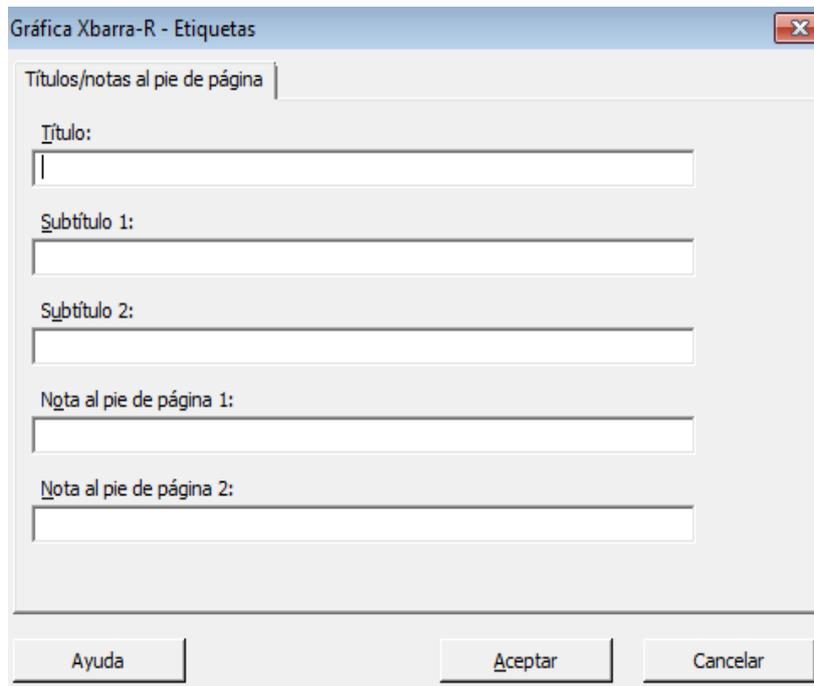


Figura 4.25 Recuadro Gráfica Xbarra-R – Etiquetas.

En el recuadro **Gráficas Xbarra-R – Etiquetas**, introducir en **Título** > Diámetros > Dar clic en **Aceptar**, figura 4.26.

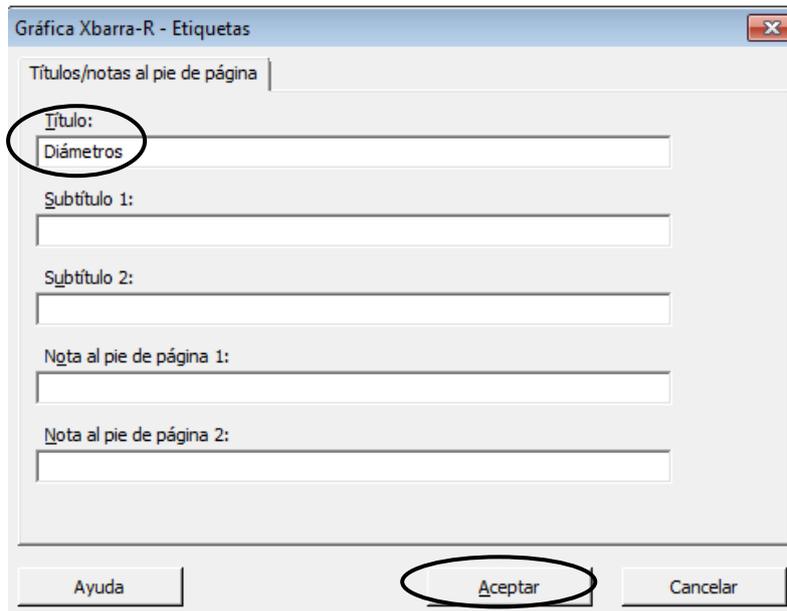


Figura 4.26 Recuadro **Gráficas Xbarra-R – Etiquetas**, título.

Introducir en **Todas las observaciones para una gráfica están en una columna**; C8 > En **Tamaño de los subgrupos**; 5 > Dar clic en **Aceptar**, figura 4.27

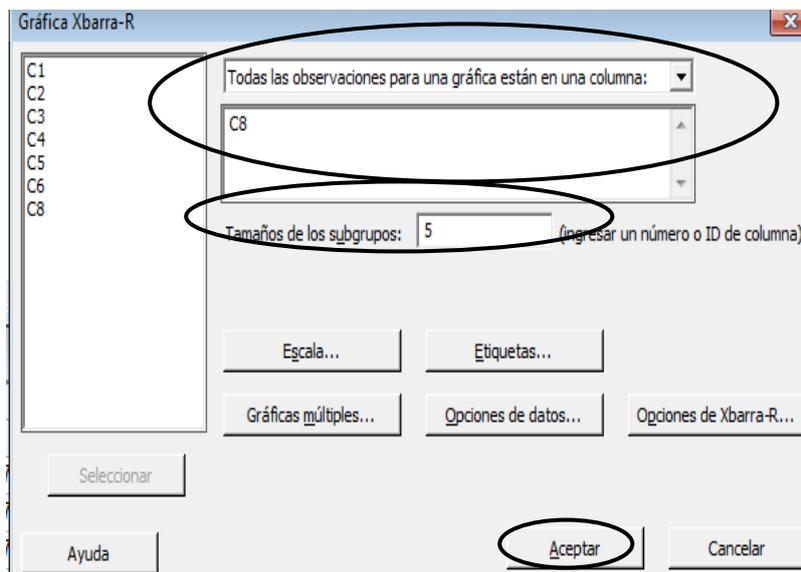


Figura 4.27 Recuadro **Gráfica Xbarra-R**, introducción en la columna que se encuentran las observaciones para la gráfica Xbarra-R, Columna C8, tamaño de subgrupos 5.

Minitab genera la gráfica *Xbarra-R*, figura 4.28.

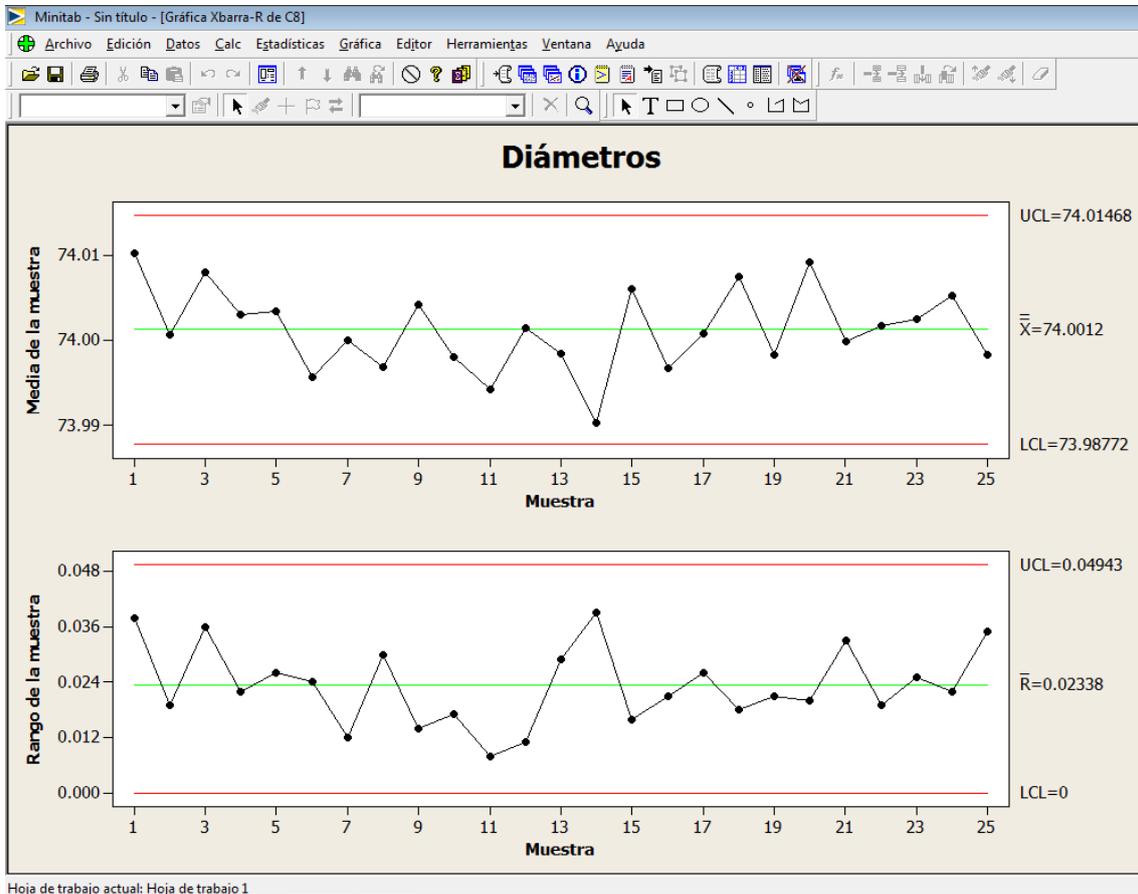


Figura 4.28 Gráficas *Xbarra-R*.

Se concluye en base a la gráfica \bar{x} y R , que el proceso de fundición de los anillos para pistón que se ve está en control estadístico, ya que todos los puntos caen dentro de los límites de control inferior y superior.

CAPÍTULO 5

DISEÑO DE FLECHA MECÁNICA

5.1 Introducción

Para el diseño de la flecha mecánica, se utilizará **AutoCAD**. AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora, el cual nos permite realizar proyectos de diseño, con ventajas sobre las técnicas tradicionales en cualquier trabajo o proyecto, diseño industrial, ingeniería, arquitectura, etc.

Para trabajar en este software es necesario tener presente ciertas instrucciones o comandos para la rápida realización de un proyecto.

El objetivo principal de este capítulo es diseñar una flecha mecánica, con ayuda de **AutoCAD**, para realizar un lote de piezas, el cual se analizará si está bajo control estadístico.

Posteriormente se realizará el programa de maquinado CNC y finalmente su fabricación en un Torno CNC.

5.2 Acceso al programa

Para abrir la sesión se deberá situar el puntero del ratón sobre el icono AutoCAD y efectuar un doble clic con el botón izquierdo del ratón. Figura 5.1

En el supuesto de que no existiera dicho icono, se pulsará sobre el botón *Inicio* situado en la parte inferior izquierda del escritorio de Windows y se seleccionará la opción Todos los programas \rightarrow AutoCAD 2010 – Español \rightarrow AutoCAD 2010.



Figura 5.1 Icono de AutoCAD.

5.3 Pantalla de trabajo y menús contextuales

La pantalla AutoCAD 2010 presenta una ventana que por defecto consta de una serie de áreas que poseen funciones específicas y que pueden cambiarse de lugar, permitiendo de esta forma poder trabajar con una ventana como desee el usuario. La imagen corresponde a la pantalla de trabajo de AutoCAD, contiene elementos comunes a los programas que trabajan bajo entorno Windows por lo que algunos elementos son conocidos. Figura 5.2.

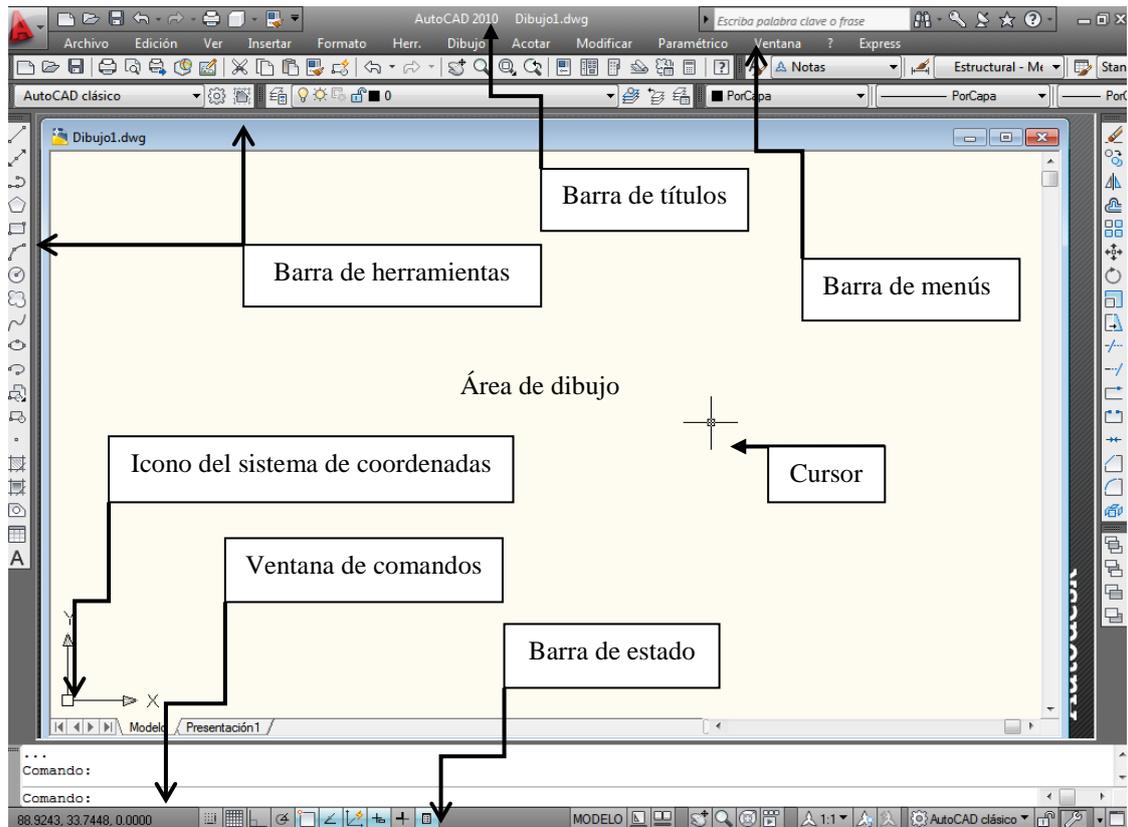


Figura 5.2 Pantalla de trabajo de AutoCAD.

Los menús contextuales nos permiten acceder más rápidamente a determinadas órdenes. Según la posición del puntero del ratón en la pantalla y pulsando su botón derecho nos aparecerán los diferentes menús que tendrán relación con el objeto y la transformación que estamos realizando.

Hay seis zonas diferenciadas:

- El área de dibujo.
- La ventana de Comandos.

- Las ventanas de dialogo. Dependiendo de la ventana nos muestra un menú diferente.
- Las barras y paletas de Herramientas. Nos muestra las distintas barras de herramientas del programa marcándonos las que tenemos activas.
- La barra de Estado. Desde este menú podemos activarla, desactivarla y acceder a la ventana de parámetros del dibujo.
- Las pestañas de presentación.

Las áreas disponibles y sus funciones se comentaran a continuación:

5.3.1 Barra de títulos

En esta línea se leerá el nombre del programa, AutoCAD 2010 y el del archivo en el que estamos trabajando. En caso de que todavía no le hayamos puesto ningún nombre al dibujo, se leerá *Dibujo.dwg*. *Dwg* corresponde a la extensión. Todos los dibujos de AutoCAD tienen la misma, y la adjudica el programa automáticamente, figura 5.3.



Figura 5.3 Barra de títulos.

5.3.2 Barra de menús

Si se sitúa el puntero del ratón sobre cualquiera de las opciones de la Barra de menú, figura 5.4, se desplegarán las distintas órdenes para realizar los dibujos. Sólo tenemos que pulsar sobre la que necesitemos utilizar para activarla.



Figura 5.4 Barra de menús.

5.3.3 Barra de herramientas

Representan a las órdenes de uso más frecuentes además de un acceso a las mismas de forma rápida.

En vez de utilizar el menú desplegable para acceder a la orden línea, lo podemos hacer directamente seleccionando el botón de la barra de herramientas, figura 5.5.

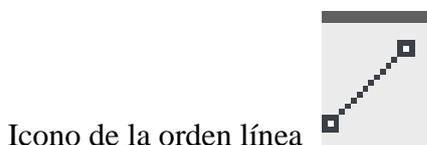




Figura 5.5 Barra de herramientas.

5.3.4 Área de dibujo

Es la zona de trabajo donde podremos dibujar.

5.3.5 Cursor

Indica la posición del lápiz o del ratón en el área de dibujo, figura 5.6.

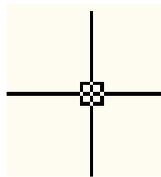


Figura 5.6 Cursor.

5.3.6 Icono del sistema de coordenadas

Muestra la dirección positiva de los ejes X e Y sobre el área de dibujo, figura 5.7. Lo activas o desactivas desde *Ver* → *Visualización* → *Icono SCP* → *Act/Des*.

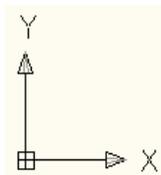


Figura 5.7 Icono del sistema de coordenadas.

5.3.7 Ventana de comandos

En esta zona se indica la orden que se está realizando, así como los parámetros que se necesitan en AutoCAD para trabajar. Hay que mirar siempre en esta ventana los datos que se piden o nos muestra. Por ejemplo, si escribimos *Circulo*, que es la orden para dibujarlo, en la ventana de comandos aparecerá automáticamente *Precise punto central para circulo o [3P/2P/Tr (tangente, tangente, radio)]*, a lo cual se responde, figura 5.8.



Figura 5.8 Ventana de comandos.

5.4 Repetir la última orden

Se puede repetir la última orden introducida pulsando la barra espaciadora, la tecla *Enter* o bien, el menú contextual que aparece cuando pulsamos el botón derecho del ratón en el área de dibujo.

5.5 Límites de dibujo

Los límites de dibujo se utilizan para definir su contorno. El contorno del dibujo generalmente se establece para coincidir con el tamaño de una hoja de papel. Esto significa que cuando se imprima o se realice una copia del dibujo en papel, éste encajará con las dimensiones disponibles en el soporte.

La figura 5.9 muestra una lista de los formatos estándar de papel para aplicaciones de ingeniería. La figura 5.10 muestra los tamaños estándares en el sistema métrico.

Tamaños de hoja estándar (pulgadas)
A = 8.5 x 11
B = 11 x 17
C = 17 x 22
D = 22 x 34
E = 34 x 44

Figura 5.9 Tamaño de hoja estándar.

Tamaños de hoja estándar (milímetros)	
A4	= 210 x 297
A3	= 297 x 420
A2	= 420 x 594
A1	= 594 x 841
A0	= 841 x 1189

Figura 5.10 *Tamaño de hoja estándar en el sistema métrico.*

El tamaño conocido como **Letter** (8.5" x 11") es uno de los más utilizados en impresoras láser y matriciales y se suele conocer como *hoja de tamaño A*.

5.5.1 Alinear los límites del dibujo con un tamaño de papel A4 estándar

1. Abrir el menú **Formato** de la aplicación.
2. Ejecutar el comando **Límites del dibujo**, figura 5.11. Aparecerá la siguiente línea de comandos:

Redefina límites de Espacio modelo:

Precise esquina inferior izquierda o [ACT/DES] <0.0000, 0.0000>:

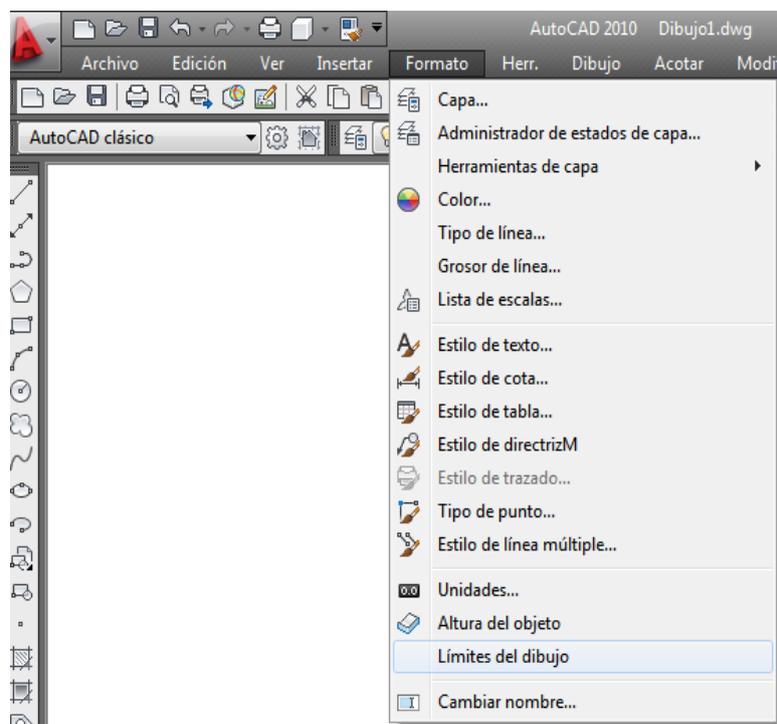


Figura 5.11 *Límites del dibujo.*

3. Pulsar la tecla **Enter** o haga clic con el botón derecho del ratón. Esto significa que aceptamos el valor por defecto *0.000, 0.000* o que la esquina inferior izquierda del área del dibujo es el origen de los ejes X e Y.

Precise esquina superior <12.0000, 9.0000>:

4. Escribir **210, 297** y pulsar la tecla **Enter**.

Esto cambia la esquina superior derecha del área de dibujo a una coordenada X, Y de *210, 297*. No se producirá ningún cambio visible en la pantalla. Los nuevos límites se extienden más allá del espacio disponible para la calibración actual de la pantalla. Así pues, es necesario recalibrarla para alinearla con los nuevos límites del dibujo.

5. Escribir **Zoom** en la línea de comando.

Precise esquina de ventana, indique un factor de escala (nX o nXP), o [Todo/Centro/Dinámico/Extensión/Previo/Escala/Ventana/Objeto] <tiempo real>:

6. Escribir **T** y pulse la tecla **Enter**.

El comando **Zoom>Todo** alinea la pantalla con los límites definidos para el dibujo. Se puede verificar que los nuevos límites están en su lugar moviendo el cursor alrededor de la pantalla y observando la presentación de coordenadas en la esquina inferior izquierda de la ventana de la aplicación. Los valores deberían ser mucho mayores que los valores de la configuración predeterminada de la pantalla.

5.6 Establecer los valores de resolución y rejilla

1. Abrir el menú **Herr.**

2. Ejecutar el comando **Parámetros de dibujo**, figura 5.12. Se abrirá el cuadro de dialogo **Parámetros de dibujo** que se ilustra en la figura 5.13. Si es necesario, hacer clic sobre la ficha **Resolución de rejilla**.

3. Activar las casillas de verificación **Resolución activa** y **Rejilla activada**.

4. Situar el cursor en el cuadro de texto **Distancia resolución X** a la derecha del valor existente. Aparecerá un cursor vertical parpadeante.

5. Borrar el actual y escribir **10**.

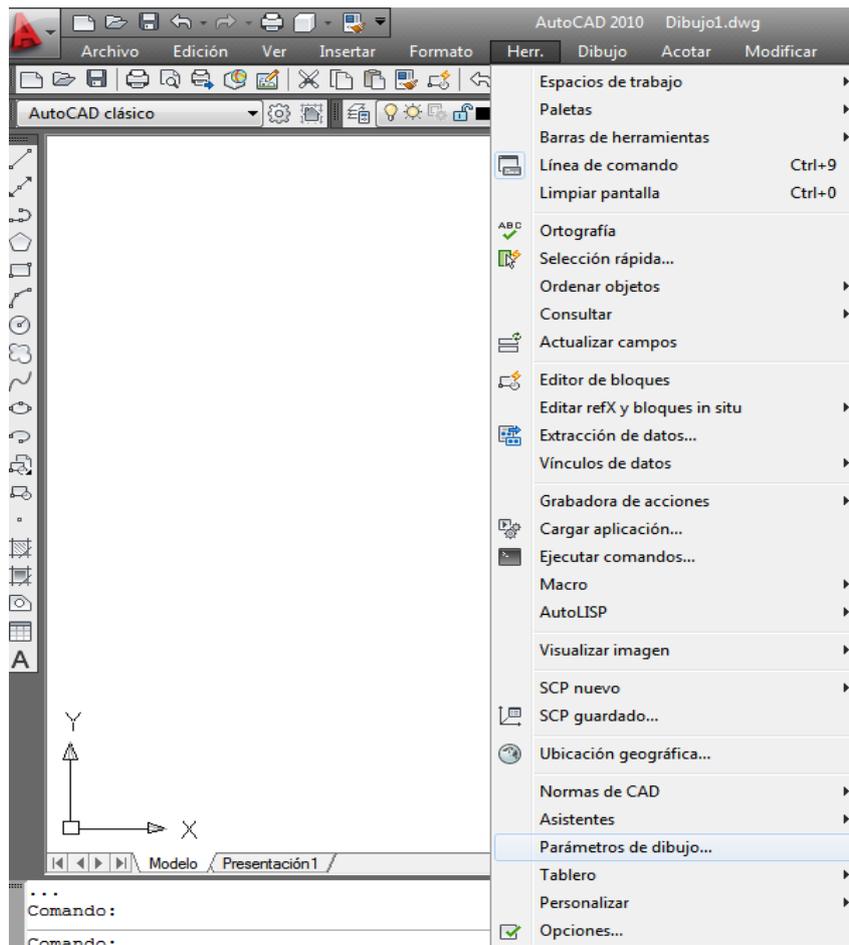


Figura 5.12 Parámetros de dibujo.

6. Activar el cuadro de texto ***Distancia resolución Y***. El valor de resolución Y cambiará automáticamente para igualarse al valor del cuadro de texto ***Distancia de resolución X***. No obstante, se puede definir una resolución distinta especificando valores diferentes para la distancia de resolución X e Y
7. Activar el recuadro de texto ***Intervalo X de la rejilla***.
8. Borrar el valor existente y escribir ***10***.
9. Activar el cuadro de texto ***Intervalo Y de la rejilla*** para igualar los valores de intervalo de rejilla X e Y
10. Hacer clic sobre el botón **Aceptar**.

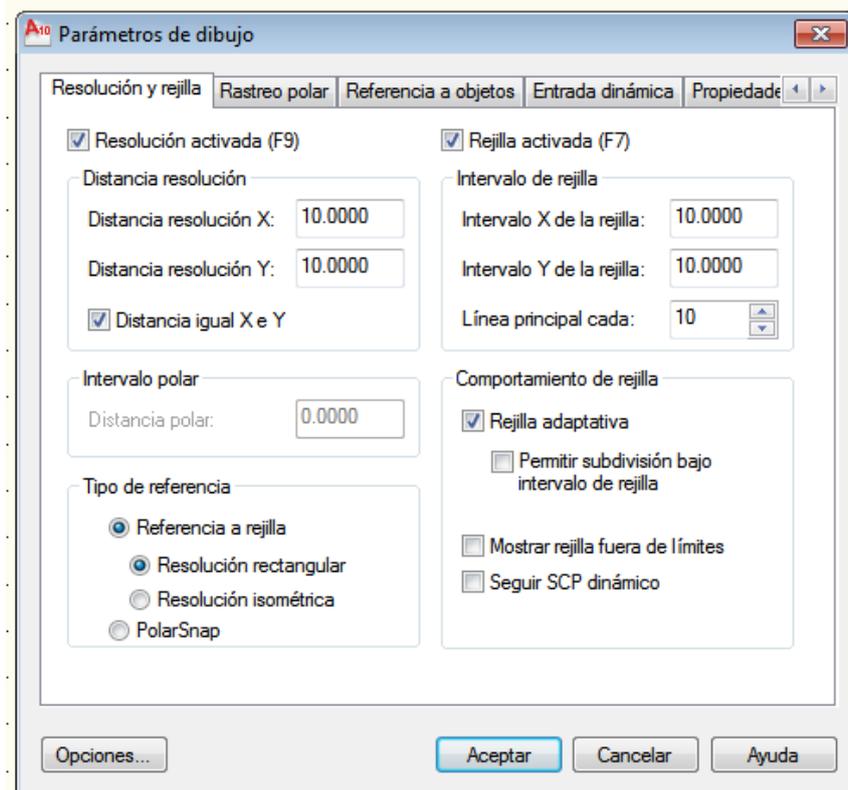


Figura 5.13 Dialogo *Parámetros de dibujo*.

Podemos activar o desactivar la cuadrícula pulsando la tecla **F7**.

La resolución se puede activar o desactivar pulsando la tecla **F9**.

5.7 Opción orto y rastreo polar

Cuando la opción **Orto** está activada, nos permite hacer líneas, en sentido *X e Y*; o en la dirección de un ángulo previamente definido por nosotros en el apartado de rastreo polar.

Entrar en **Herramientas** → **Parámetros de dibujo** → **Rastreo Polar**.

Elegir entre dibujar ortogonalmente o introducir valores para los ángulos. Y entre introducir los valores angulares de formas absoluta, o los relativos al último segmento introducido. Figura 5.14

Con **F8** se activa o desactiva la función **Orto**.

Con **F10** se activa o desactiva el rastreo polar. Con esta opción se puede elegir qué valor angular o qué múltiplos de un valor angular se quiere que marque el programa.

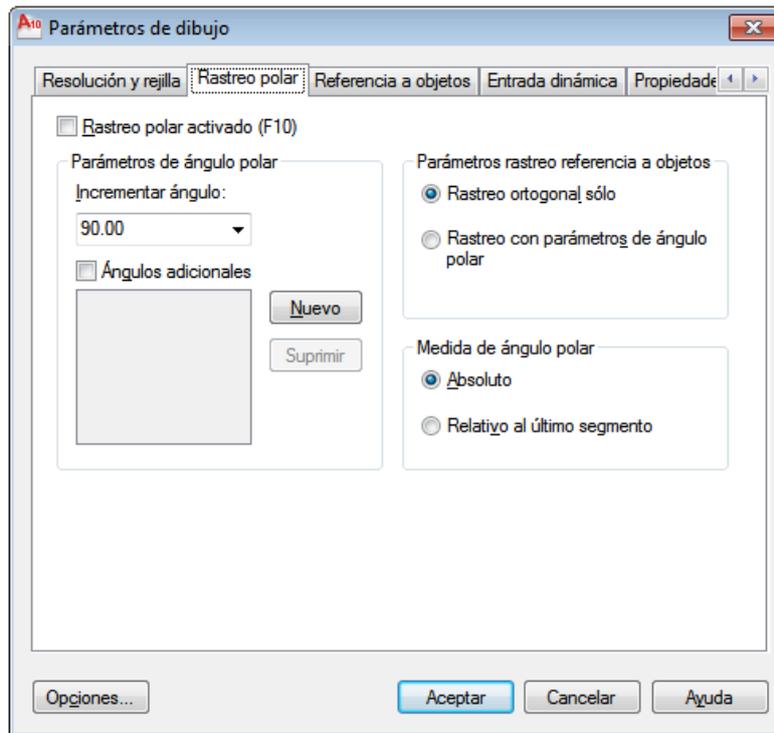
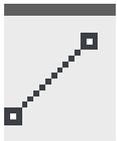


Figura 5.14 Rastreo polar.

5.8 Línea

Esta orden dibuja líneas como entidades individuales, es decir, que aunque se creen una detrás de otra, cada línea es un objeto independiente.



Dibujo → **línea**

Se puede dibujar líneas pulsando el botón izquierdo del ratón y soltando. Para finalizar la orden pulsar **Enter**, **botón derecho del ratón**, o bien, **la barra espaciadora**.

5.9 Simetría

Es una copia reflejada de algunas entidades que el usuario selecciona.

Modificar → **Simetría**

A continuación en la Barra de comandos, pide **Designar objetos** y posteriormente, **Primer punto del eje de simetría** y **Segundo punto del eje de simetría**, es decir, la línea sobre la cual se va a efectuar el reflejo del objeto. Después preguntará **¿Borrar objetos originales?**, por sí se quiere mantener sólo el objeto reflejado.

5.10 Zoom en tiempo real

Ver → *Zoom* → *Tiempo real*

En la pantalla se verá una lupa con un *signo* + en la zona superior, y un *signo* – en la zona inferior. Pulsar el **Botón izquierdo** y, manteniéndolo pulsado, arrastrarlo en un sentido u en otro. Con esta operación aumentará o disminuirá la visión. Después, con las barras deslizantes, centraremos el dibujo.

Para salir de esta orden pulsar **Escape**. También se puede activar si a mitad de una orden se pulsa el botón derecho del ratón y se selecciona.

5.11 Borrar

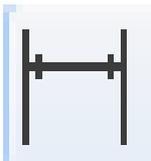


Modificar → *Borrar*

En la barra de comandos aparece: ...**Designe objetos**... Seleccionar los objetos que se desean borrar. En la zona de comandos se indica el número total de objetos seleccionados, una vez seleccionados todos, pulsar **Enter**.

5.12 Acotación lineal

Generar una cota horizontal o vertical



Acotar → *Lineal*

Se tiene que indicar:

El **Origen** de la 1ª y de la 2ª líneas.

El Emplazamiento de la cota. Este emplazamiento se puede indicar con medidas. Una vez seleccionados los orígenes de las cotas, mover el ratón en la dirección en la que se quiera situar y escribir la distancia en la ventana de comandos.

5.13 Dibujo de Flecha mecánica

La figura 5.15 muestra el croquis de la flecha mecánica.

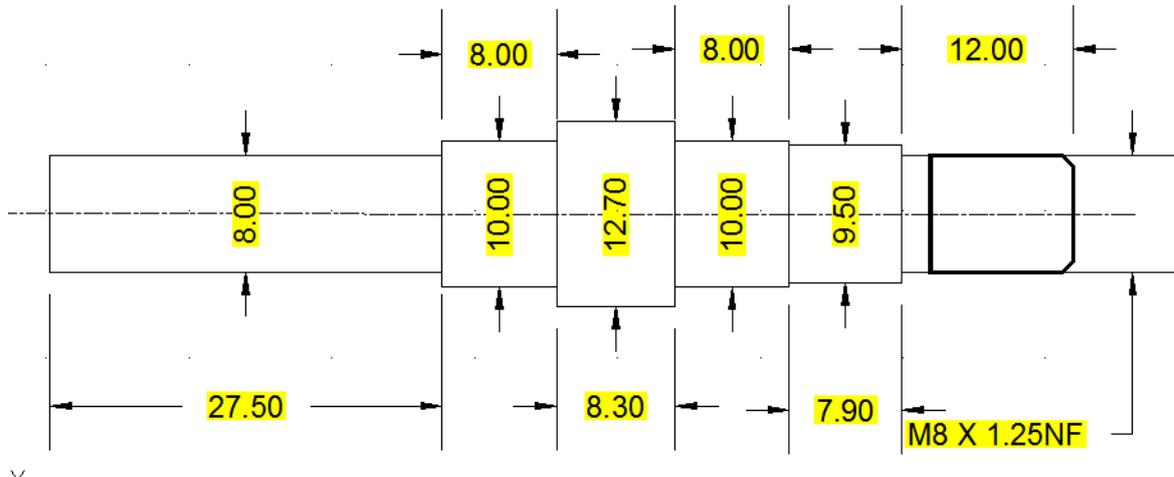


Figura 5.15 Croquis de flecha mecánica.

Para realizar esta flecha definir cada uno de los parámetros de nuestro diseño con los temas descritos anteriormente.

Paso 1. Accesar al programa AutoCAD, previamente descrito en el punto 5.2.

Paso 2. Definir Límites del dibujo. En la Barra de menús seleccionar: **Formato** → **Límites del dibujo**.

Introducir en la barra de comandos el valor de la *Esquina inferior izquierda*. Teclar **0,0**. Es decir, la esquina inferior izquierda estará en el punto $x = 0, y = 0$. Pulsar **Enter**.

A continuación introducir el valor de la *Esquina superior derecha*. Introducir los valores de un formato A4, **210, 297**. Pulsar **Enter**. ($x = 210, y = 297$).

Paso 3. Visualización de rejilla. En la Barra de menús seleccionar: **Herr.** → **Parámetros de dibujo** → Seleccionar en el cuadro de dialogo Parámetros de rejilla → **Resolución y rejilla**. Ir al apartado Intervalo de rejilla e introducir el valor: **10**, en los Intervalo X de la rejilla e Intervalo Y de la rejilla, dar clic en **Aceptar**.

Para visualizar la rejilla pulsar **F7**. Si se pulsa otra vez la desactivamos. Dejar la rejilla activada de modo que la veamos para ir realizando la pieza.

Paso 4. Ampliar la visión de la rejilla. Escribir *z* en la barra de comandos, pulsar **Enter**, escribir *t*, de todo, volver a pulsar **Enter**. Figura 5.16.

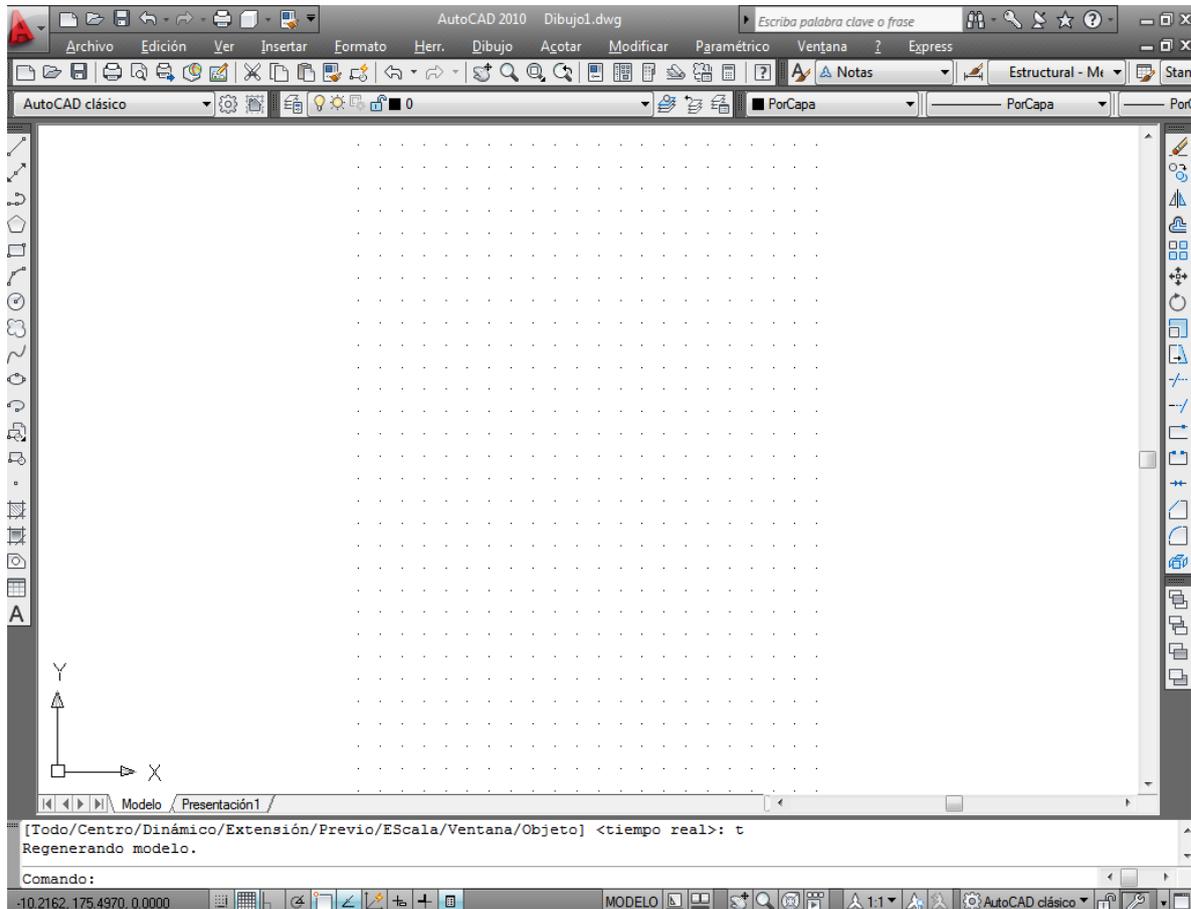


Figura 5.16 Visualización de rejilla.

Paso 5. Activar la opción Orto. Pulsar la tecla **F8** para activar Orto. Para desactivarlo bastará con volver a pulsar la tecla **F8**. Dejar activada la opción Orto.

Paso 6. Activar la resolución o forzamiento de cursor. En la Barra de menús seleccionar: **Herr.** → **Parámetros de dibujo** → Seleccionar en el cuadro de dialogo Parámetros de rejilla → **Resolución y rejilla**. Ir al apartado Distancia resolución, e introducir el valor: **5** en Distancia resolución X y Distancia resolución Y. En el apartado Tipo de referencia seleccionar **Resolución rectangular**, dar clic en **Aceptar**.

Paso 7. Dibujo de la flecha. Existen distintas maneras de realizar un dibujo, en este ejercicio se utilizará la opción **Simetría**. En la Barra de menú seleccionar: **Dibujo** → **Línea**. En la línea de comando se debe precisar el primer punto, es decir, desde dónde empezara el dibujo.

Situar el cursor en la zona central izquierda sobre un punto de la rejilla y pulsar el botón izquierdo del ratón, figura 5.17.

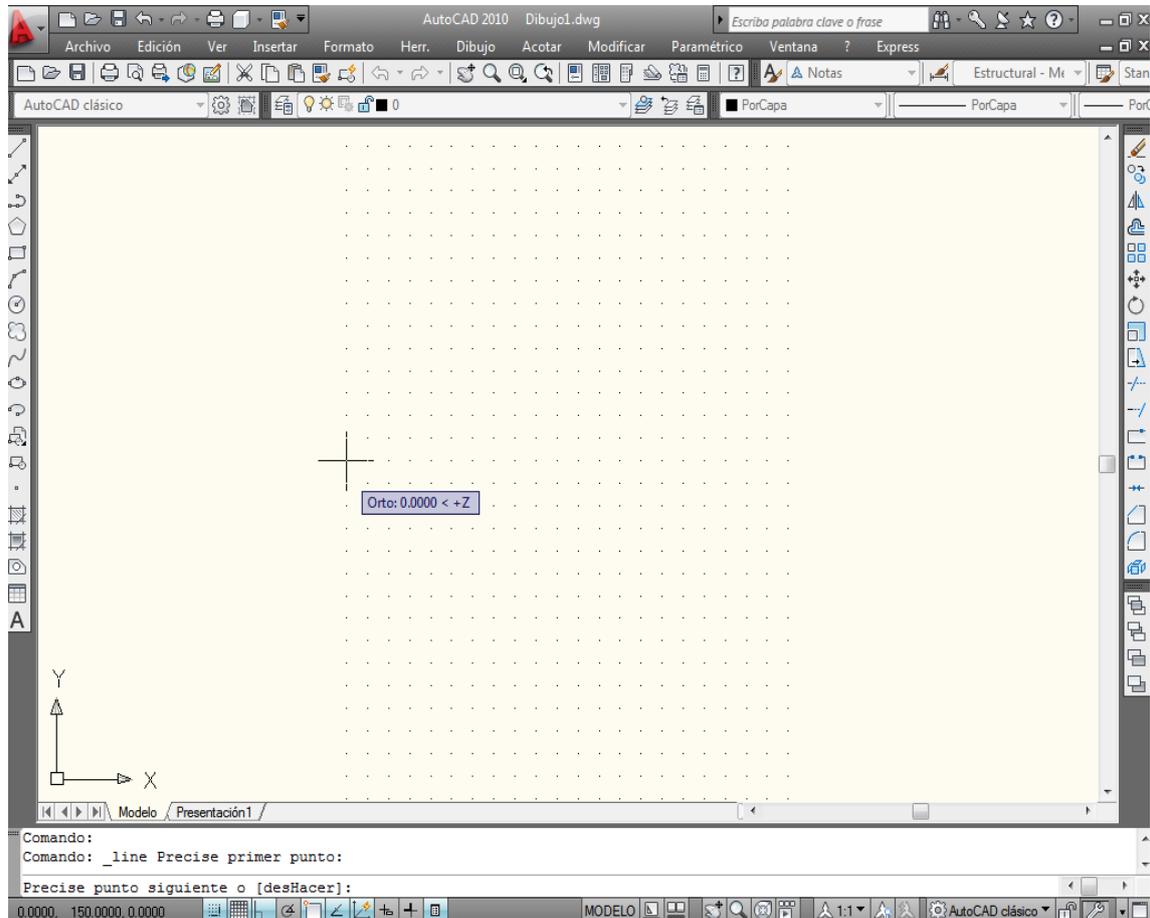


Figura 5.17 Posicionamiento del cursor.

Paso 8. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia arriba e introducir en la línea de comando la mitad del valor del primer diámetro, el cual es: **4mm** (el valor del primer diámetro es 8mm). Pulsar **Enter**.

Paso 9. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia la derecha e introducir en la línea de comando el valor de la segunda línea (longitud del primer diámetro), el cual es: **27.5mm**, pulsar **Enter**.

Paso 10. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia arriba e introducir en la línea de comando el valor del diámetro del segundo diámetro, el cual será la mitad de la diferencia con respecto al valor del segundo diámetro menos el primer diámetro, ($2^\circ\emptyset 10\text{mm} - 1^\circ\emptyset 8\text{mm} = 2\text{mm}$), la cual es: **1mm**, pulsar **Enter**.

Paso 11. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia la derecha e introducir en la línea de comando el valor de la longitud del segundo diámetro, el cual es: **8mm**, pulsar **Enter**.

Paso 12. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia arriba e introducir en la línea de comando el valor del diámetro del tercer diámetro, el cual será la mitad de la diferencia con respecto al valor del tercer diámetro menos el segundo diámetro, ($3^{\circ}\varnothing 12.7\text{mm} - 2^{\circ}\varnothing 10\text{mm} = 2.7\text{mm}$), la cual es: **1.35mm**, pulsar **Enter**.

Paso 13. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia la derecha e introducir en la línea de comando el valor de la longitud del tercer diámetro, el cual es: **8.3mm**, pulsar **Enter**.

Paso 14. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia abajo e introducir en la línea de comando el valor del diámetro del cuarto diámetro, el cual será la mitad de la diferencia con respecto al valor del tercer diámetro menos el cuarto diámetro, ($3^{\circ}\varnothing 12.7\text{mm} - 4^{\circ}\varnothing 10\text{mm} = 2.7\text{mm}$), la cual es: **1.35mm**, pulsar **Enter**.

Paso 15. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia la derecha e introducir en la línea de comando el valor de la longitud del cuarto diámetro, el cual es: **8mm**, pulsar **Enter**.

Paso 16. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia abajo e introducir en la línea de comando el valor del diámetro del quinto diámetro, el cual será la mitad de la diferencia con respecto al valor del cuarto diámetro menos el quinto diámetro, ($4^{\circ}\varnothing 10\text{mm} - 4^{\circ}\varnothing 9.5\text{mm} = 0.5\text{mm}$), la cual es: **0.25mm**, pulsar **Enter**.

Paso 17. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia la derecha e introducir en la línea de comando el valor de la longitud del quinto diámetro, el cual es: **7.9mm**, pulsar **Enter**.

Paso 18. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia abajo e introducir en la línea de comando el valor del diámetro del sexto diámetro, el cual será la mitad de la diferencia con respecto al valor del quinto diámetro menos el sexto diámetro, ($5^{\circ}\varnothing 9.5\text{mm} - 6^{\circ}\varnothing 8\text{mm} = 1.5\text{mm}$), la cual es: **0.75mm**, pulsar **Enter**.

Paso 19. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia la derecha e introducir en la línea de comando el valor de la longitud del sexto diámetro, el cual es: **12mm**, pulsar **Enter**.

Paso 20. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia abajo e introducir en la línea de comando la mitad del valor del sexto diámetro, el cual es: **4mm** (el valor del sexto diámetro es 8mm). Pulsar **Enter**.

Paso 21. Regresar al primer punto. En la línea de comando introducir **c** (para cerrar el dibujo), pulsar **Enter**.

Aplicar Zoom, hasta tener una mejor visión del dibujo de la flecha, figura 5.18.

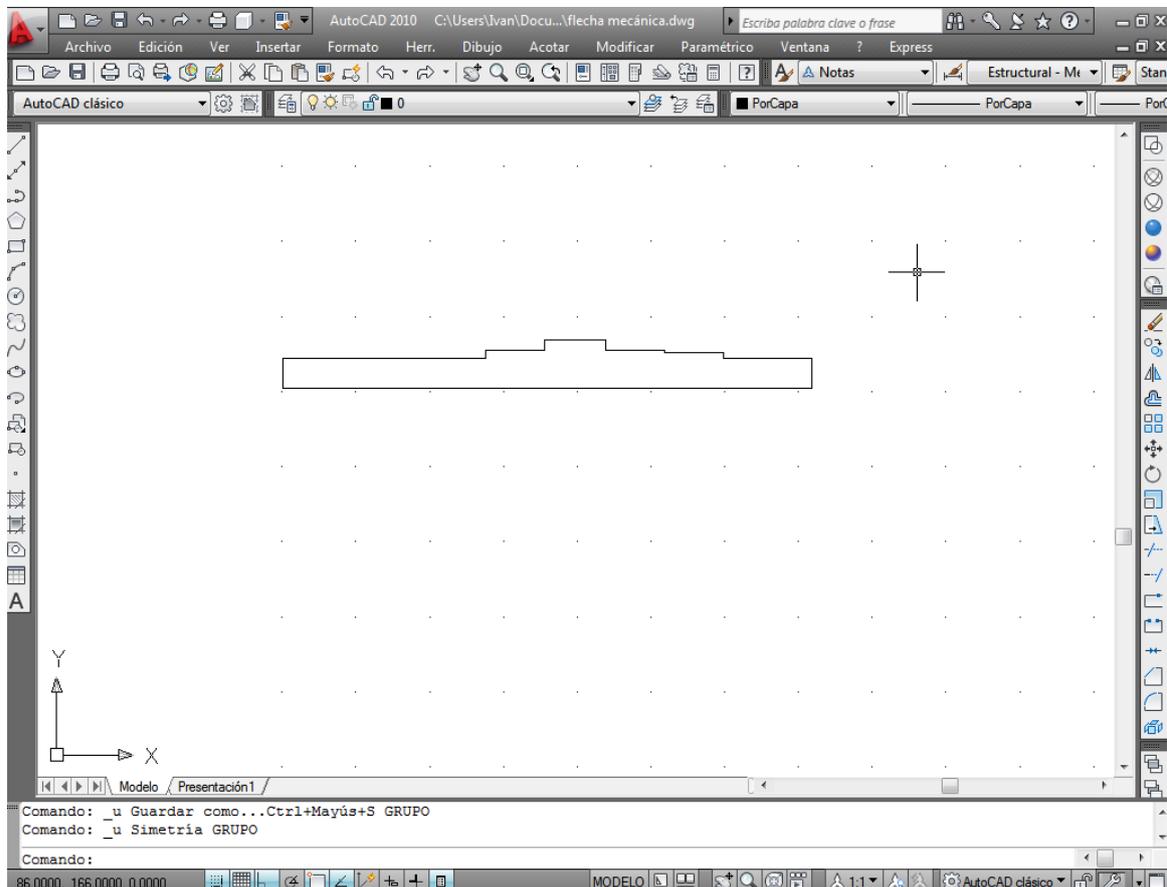


Figura 5.18 Dibujo de la flecha.

Paso 22. Crear una copia simétrica del dibujo de la flecha. En la Barra de menús seleccionar: **Modificar** → **Simetría**.

Paso 23. Designar objetos. Seleccionar todas las **líneas del dibujo**, pulsar **Enter**, figura 5.19.

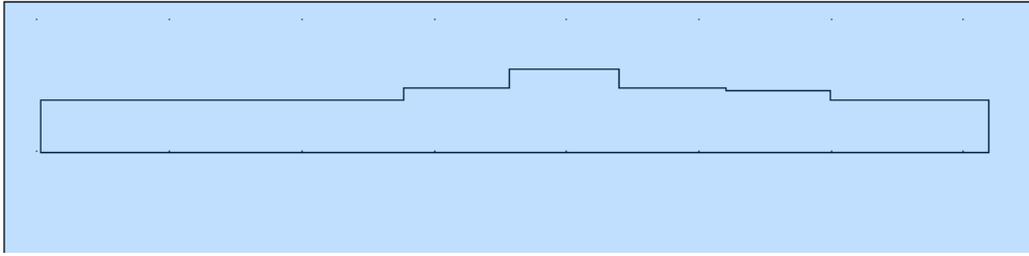


Figura 5.19 Selección del dibujo.

Paso 24. Designar primer punto del eje de simetría. Precisar el primer punto de línea de simetría: dar clic en el **Punto final izquierdo**, figura 5.20. Precisar el segundo punto de línea de simetría: dar clic en el **Punto medio**, figura 5.21.

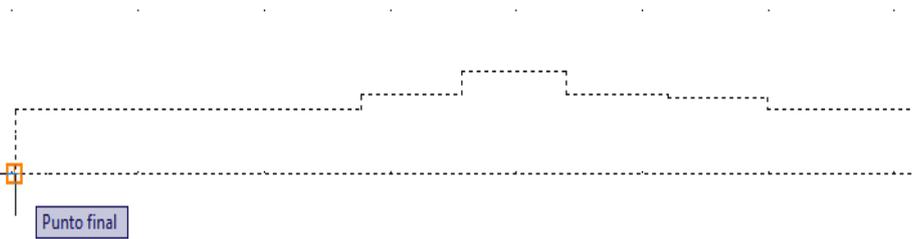


Figura 5.20 Punto final izquierdo.

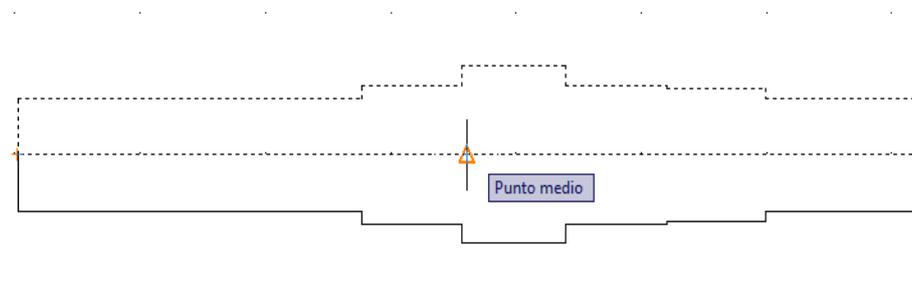


Figura 5.21 Punto medio.

Borrar objetos de origen [Sí/No]: introducir **n** en la Línea de comandos, Pulsar **Enter**. AutoCAD genera la copia simétrica del primer dibujo, figura 5.22.

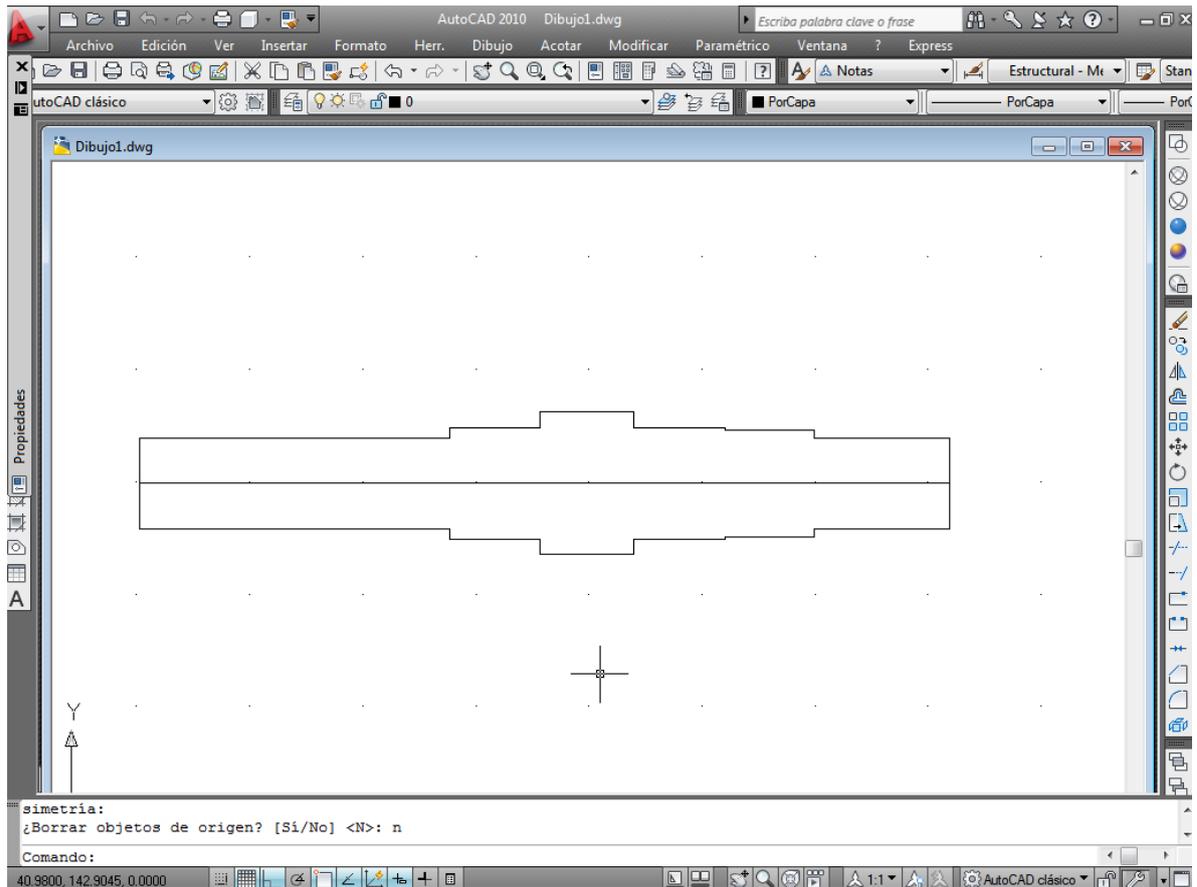


Figura 5.22 Copia simétrica.

Paso 25. Borrar línea central del dibujo. En la Barra de menús seleccionar: **Modificar** → **Borrar**.

Paso 26. Designar objeto. Seleccionar la **Línea central**, pulsar **Enter**, figura 5.23.

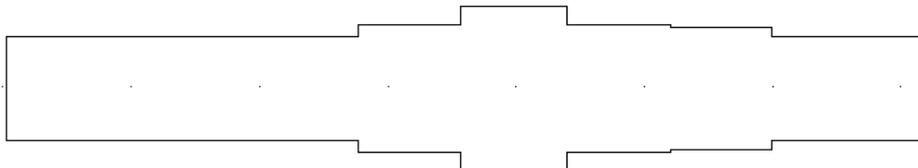


Figura 5.23 Línea central borrada.

Paso 27. Dibujar la línea de cada uno de los diámetros. En la Barra de menús seleccionar: **Dibujo** → **Línea**.

Paso 28. Precisar primer punto. Seleccionar el **Punto final**, figura 5.24.

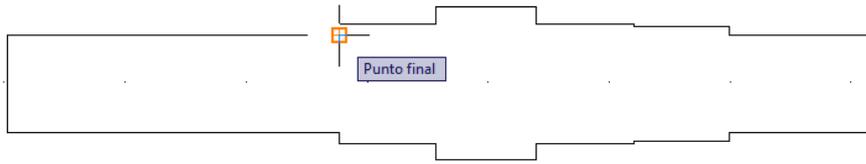


Figura 5.24 Punto final.

Paso 29. Precisar punto siguiente. Seleccionar el Punto final inferior, pulsar **Enter**.
Figura 5.25.

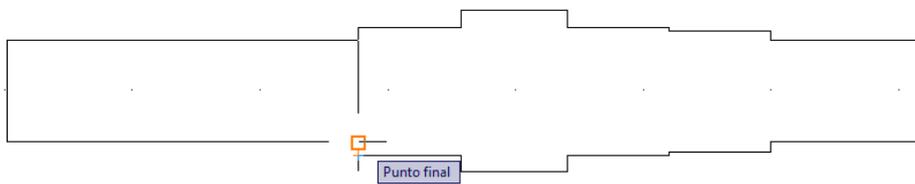


Figura 5.25 Punto final inferior.

Paso 30. Repetir los pasos 28 y 29 para trazar las líneas de los diámetros faltantes, figura 5.26.

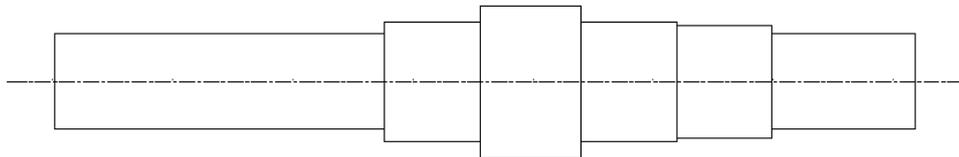


Figura 5.26 Diámetros.

Paso 31. Trazo de la rosca. En la Barra de menú seleccionar: **Dibujo** → **Polilínea**. En la línea de comando se debe precisar el primer punto, es decir, desde dónde empezará el dibujo.

Paso 32. Situar el cursor en el punto final izquierdo del diámetro 6, figura 5.27.

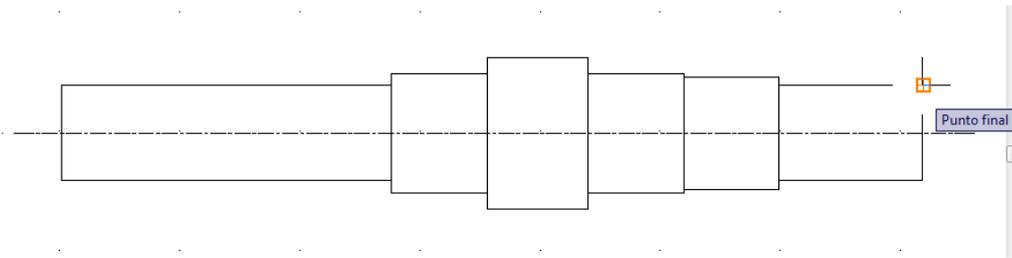


Figura 5.27 Punto final.

Paso 32 Precisar el punto siguiente. Situar el cursor hacia la izquierda e introducir en la línea de comando el valor de la longitud de la cuerda, el cual es: **10mm**, pulsar **Enter**.

Paso 33. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia abajo e introducir en la línea de comando el valor del diámetro de la cuerda, el cual es: **8mm**, pulsar **Enter**.

Paso 34. Precisar punto siguiente. Situar el cursor hacia la derecha e introducir nuevamente en la línea de comando el valor de la longitud de la cuerda, el cual es: **10mm**, pulsar **Enter**.

Paso 35. Regresar al primer punto. En la línea de comando introducir **c** (para cerrar el dibujo), pulsar **Enter**.

Ahora se tiene el cuadro simbólico de la cuerda, figura 5.28. Para el cual se necesita cambiar el grosor de la polilínea para una mejor visualización.

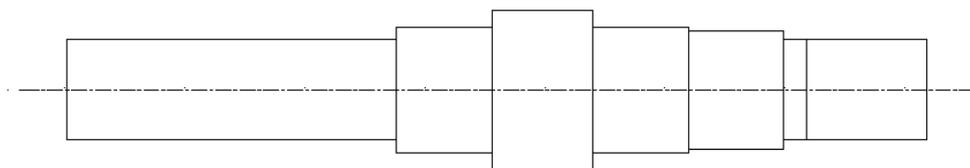


Figura 5.28 Cuadro simbólico de la cuerda.

Paso 36. Situar el cursor en cualquier punto de la polilínea, dar **Clic** al botón izquierdo del ratón. A continuación aparece el recuadro Polilínea, figura 5.29. Dar **Clic** con el botón izquierdo del ratón en **Grosor global** e introducir el nuevo valor, el cual es: **0.2mm**. Pulsar **Enter** y **Esc**.

Nuevo grosor de la polilínea (cuerda), figura 5.30.

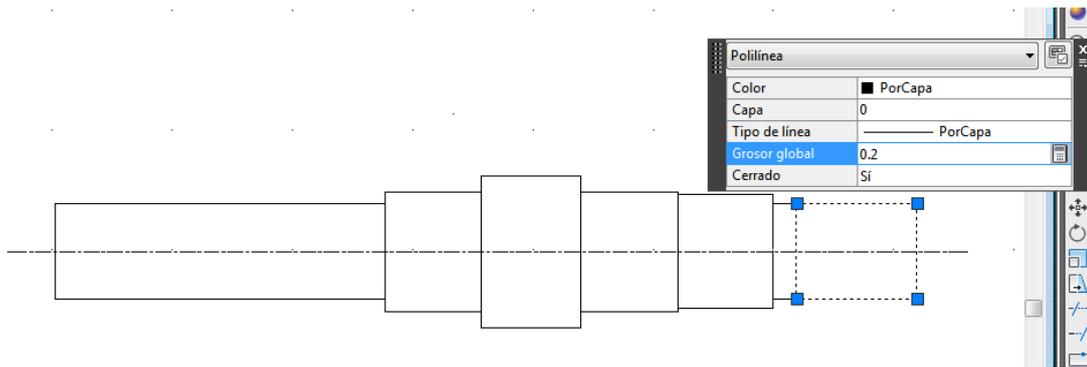


Figura 5.29 Recuadro Polilínea.

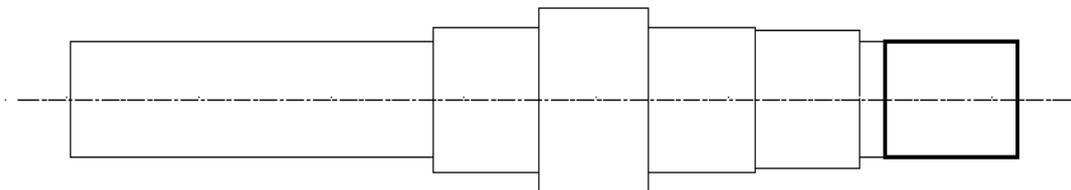


Figura 5.30 Nuevo grosor de la polilínea (cuerda).

Paso 37. Dibujo del Chaflán del diámetro de la rosca. En la Barra de menús seleccionar: **Modificar** → **Chaflán**.

Paso 38. Designar la primera línea. En la línea de comandos introducir **Distancia**, pulsar **Enter**.

Paso 39. Precisar primera distancia del chaflán. En la línea de comandos introducir la distancia de la primera línea, la cual es: **0.75**, pulsar **Enter**.

Paso 40. Precisar segunda distancia del chaflán. En la línea de comandos introducir la distancia de la segunda línea, la cual es: **0.75**, pulsar **Enter**.

Paso 41. Designar la primera línea. Seleccionar líneas **1** y **2**, pulsar **Enter**, seleccionar líneas **3** y **4**, pulsar **Esc**, figura 5.31.

La figura 5.32 muestra el chaflán del diámetro de la rosca.

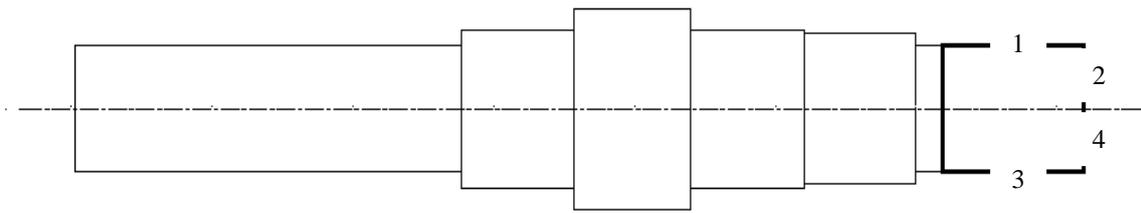


Figura 5.31 Líneas 1 y 2 y 3 y 4.

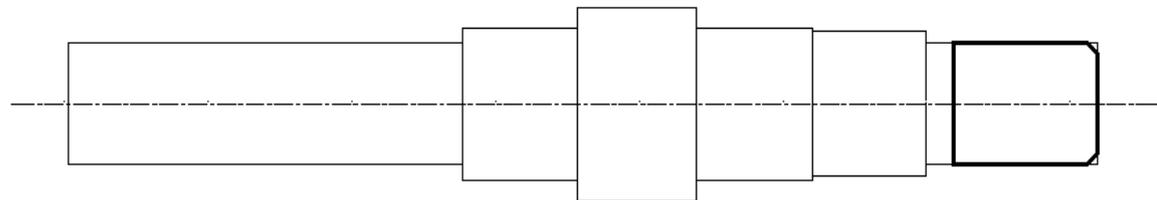


Figura 5.32 Chaflán del diámetro de la rosca.

Nota: La especificación de la rosca es la siguiente; **M8 x 1.25NF**. Letra M seguida del diámetro nominal ($d = 8$) y del paso ($p = 1.25$) separados por el signo de multiplicación.

Paso 42. Borrar líneas. En la Barra de menús seleccionar: **Modificar** → **Borrar**.

Paso 43. Designar objetos. Seleccionar las cuatro líneas del sexto diámetro, pulsar **Enter**.

Nota: Las líneas u objetos a borrar deberán estar como líneas punteadas, tal como se ilustra en la figura 5.33.

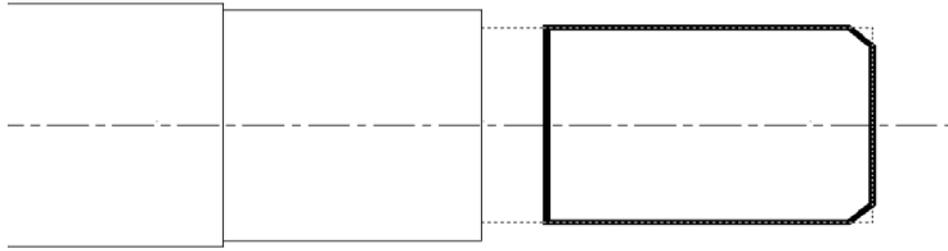


Figura 5.33 Líneas punteadas.

Paso 44. Dibujar las líneas faltantes del sexto diámetro, figura 5.34. En la Barra de menús seleccionar: *Dibujo* → *Línea*.

Paso 45. Precisar primer punto. Seleccionar el *Punto final superior izquierdo*, figura 5.35.

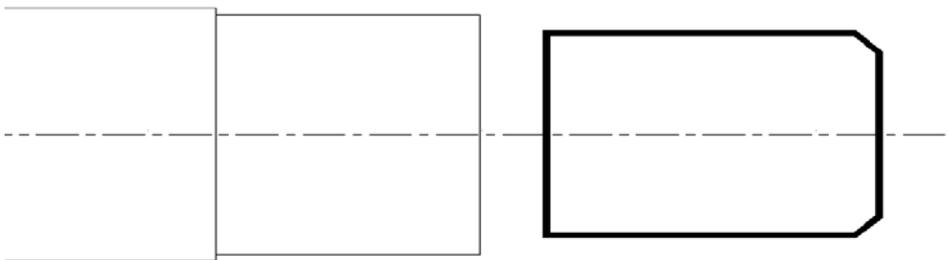


Figura 5.34 Líneas faltantes.

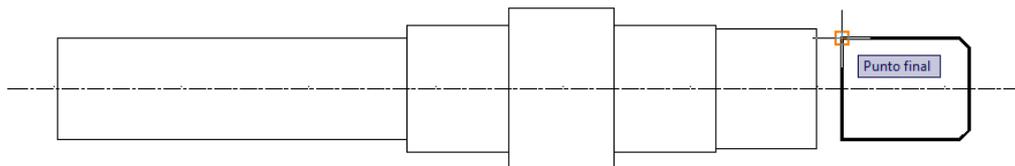


Figura 5.35 Punto final izquierdo.

Paso 46. Precisar punto siguiente. Seleccionar el *Punto final superior derecho*, pulsar dos veces *Enter* figura 5.36.

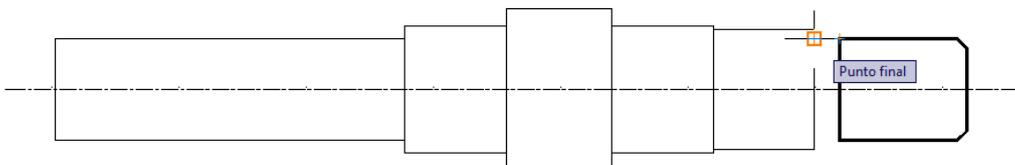


Figura 5.36 Punto final derecho.

Paso 47. Precisar punto siguiente. Seleccionar el **Punto final inferior izquierdo**.

Paso 48. Precisar punto siguiente. Seleccionar el **Punto final inferior derecho**, pulsar Enter.

Ahora se tiene el dibujo completo de la flecha mecánica, figura 5.37. En los siguientes pasos se describe como acotar la flecha.

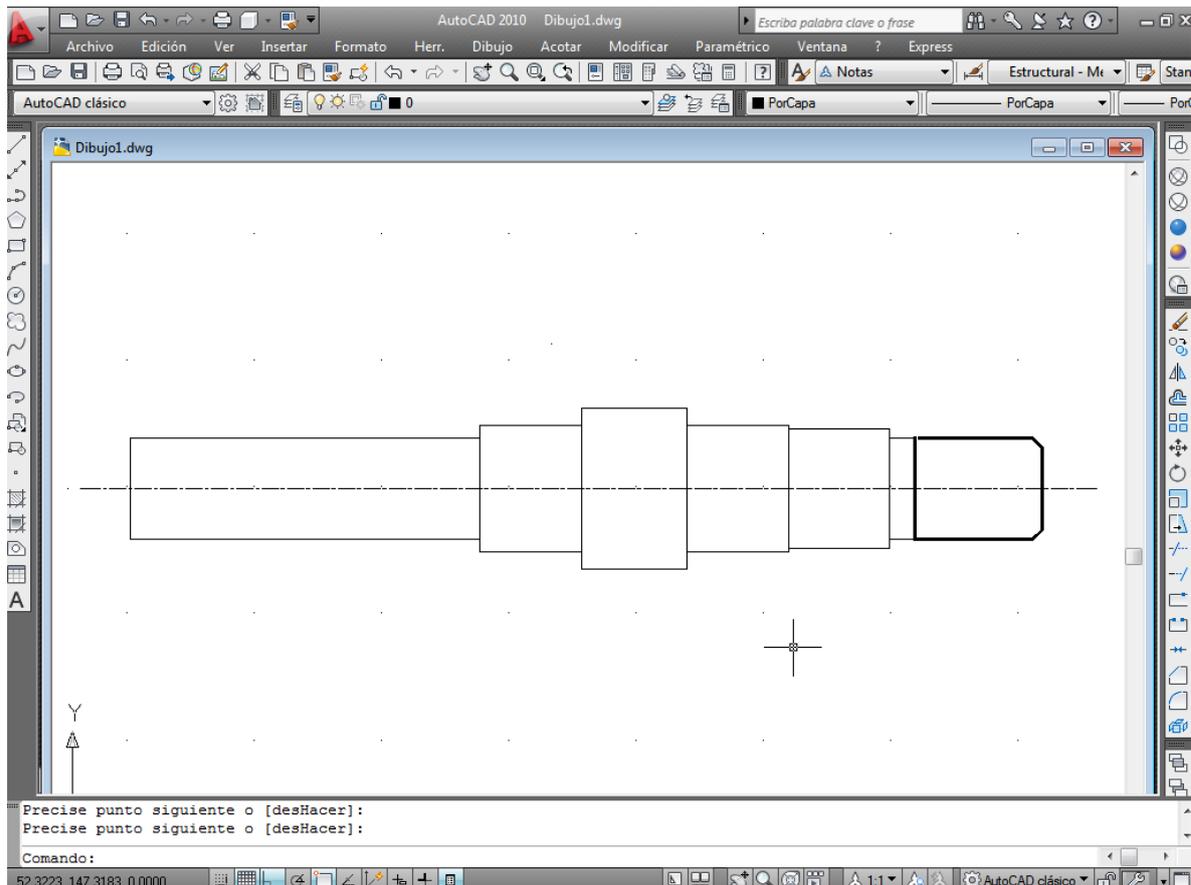


Figura 5.37 Dibujo de la flecha mecánica.

Paso 49. Acotar el dibujo. En la Barra de menús seleccionar: **Acotar** → **Lineal**.

Paso 50. Designar el origen de la primera línea de referencia. Seleccionar el **Punto medio superior** del primer diámetro, figura 5.38.

Paso 51. Designar el origen de la segunda línea de referencia. Seleccionar el **Punto medio inferior**, figura 5.39, dar **Clic** con botón izquierdo del ratón.

AutoCAD genera la primera cota del primer diámetro, figura 5.40.

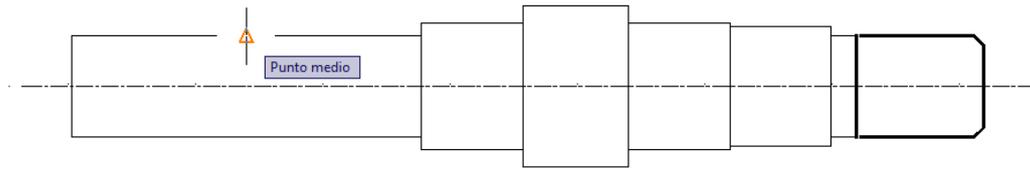


Figura 5.38 Punto medio superior.

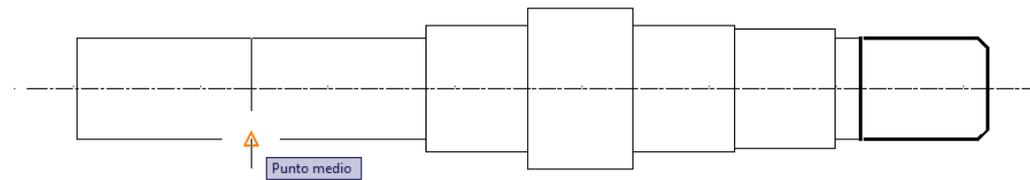


Figura 5.39 Punto medio inferior.

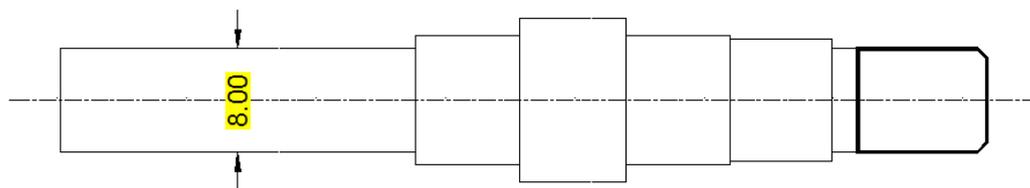


Figura 5.40 Cota del primer diámetro.

Paso 52. Repetir los pasos 49, 50 y 51 para acotar los diámetros faltantes, En la figura 5.41 se muestran el dibujo acotado.

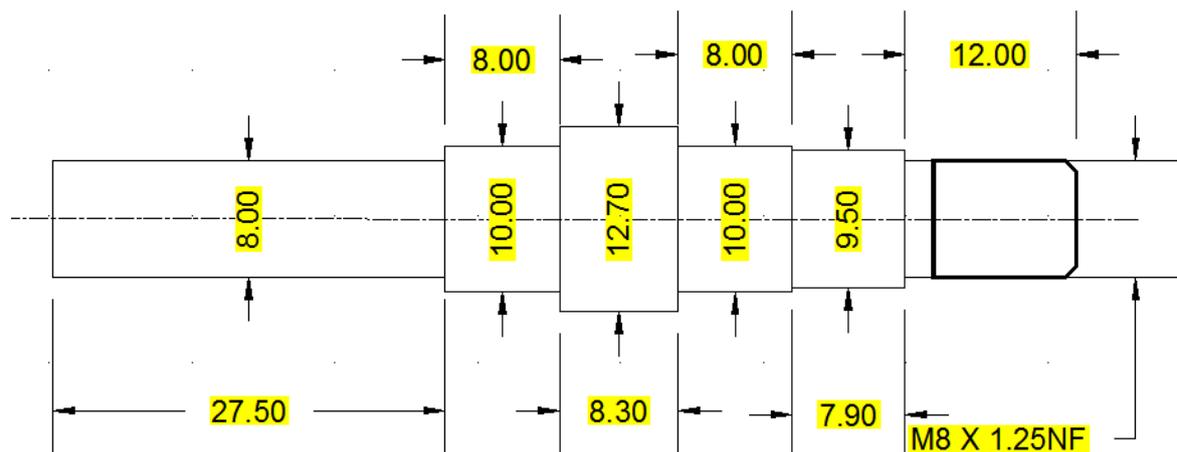


Figura 5.41 Dibujo acotado.

Tabla de valores de las longitudes y diámetros de los respectivos diámetros, figura 5.42.

$\varnothing 1 = 8.0\text{mm}$	$L1 = 27.5\text{mm}$
$\varnothing 2 = 10.0\text{mm}$	$L2 = 8.0\text{mm}$
$\varnothing 3 = 12.7\text{mm}$	$L3 = 8.3\text{mm}$
$\varnothing 4 = 10.0\text{mm}$	$L4 = 8.0\text{mm}$
$\varnothing 5 = 9.5\text{mm}$	$L5 = 7.9\text{mm}$
$\varnothing 6 = 8.0$	$L6 = 12\text{mm}$
Rosca = M8 X 1.25NF	

Figura 5.42 Tabla de valores de las longitudes y diámetros.

CAPÍTULO 6

FABRICACIÓN DE FLECHA MECÁNICA

6.1 Trabajo estandarizado

El trabajo estandarizado es un conjunto de procedimientos de trabajo que establece el mejor método y secuencia para cada proceso.

Representa la revisión continua de los procedimientos de trabajo, a fin de lograr el mejoramiento de la eficiencia, calidad y condiciones del trabajo. Así mismo, permite una sólida base para mantener la Productividad y la Seguridad en sus más altos niveles.

Dentro del trabajo estandarizado se tienen los siguientes elementos, para mejorar el proceso:

- Hoja de proceso.
- Hoja de ayudas visuales.
- Hoja de programación.

El objetivo de los elementos del trabajo estandarizado (hoja de proceso, hoja de ayudas visuales y hoja de programación) es proveer las bases para tener los mejores niveles de productividad, calidad y seguridad, además ayuda a la relación de la variación de los procesos.

6.2 Hoja de proceso

Ayuda a ilustrar la secuencia de operaciones dentro del proceso. Es importante colocarla en el área de trabajo.

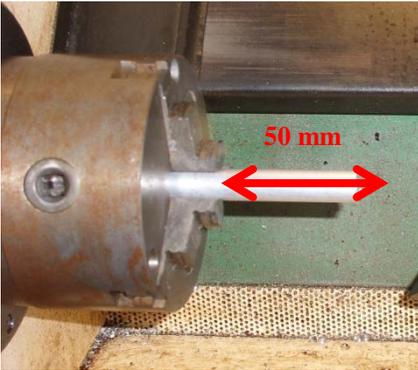
6.3 Hoja de ayudas visuales

Ayudan a ilustrar la secuencia de un proceso o actividad, donde se incluye imágenes para facilitar un mejor manejo u operación de cualquier equipo.

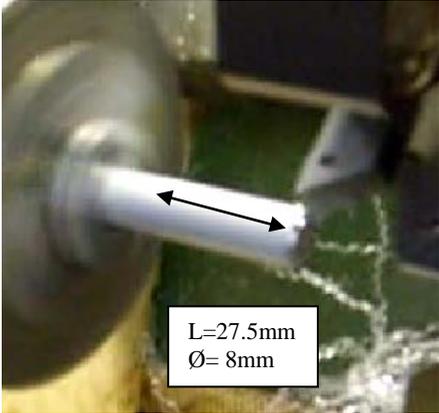
6.4 Hoja de programación

Describen cada una de las operaciones que se realizan en el mecanizado de una pieza.

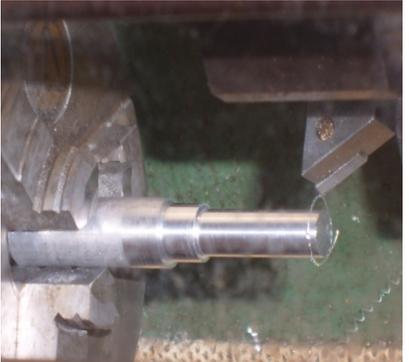
UNAM FESCA	HOJA DE PROCESO		Corte de barra
	Ingeniería Mecánica Eléctrica	Proceso: MAQUINADO	Material: ALUMINIO
	Pieza: Flecha para bomba	Nº de Hoja 1 de 5	AREA: Manufactura

No.	Operación	Descripción	Instrucción	Imagen
1	CORTE DE BARRA	Medir y cortar barra de aluminio a 72mm de longitud con la sierra cinta.	Medir la barra de aluminio con longitud de 72 mm y colocar en la sierra cinta en la marca específica para su corte.	
2	INSPECCION	Medir la longitud de la barra de aluminio.	Inspeccionar que la longitud de la barra se igual. L=72mm	
3	SET UP	Colocar la barra en el mandril.	Colocar la barra de aluminio en el mandril del torno CNC, colocando la barra a 50mm, con respecto a las uñas del mandril al extremo de la barra de aluminio.	

UNAM FESCA	HOJA DE PROCESO		Parte: Lado impulsor
	Ingeniería Mecánica Eléctrica	Proceso: MAQUINADO	Material: ALUMINIO
	Pieza: Flecha para bomba	Nº de Hoja 2 de 5	AREA: Manufactura

No.	Operación	Descripción	Instrucción	Imagen
4	REFRENTADO	Operación realizada en el torno, mediante la cual se refrenta un extremo de la barra.	Colocar la herramienta en el extremo de la barra y refrentarla.	
5	CILINDRADO Ø1	Desbastar del diámetro original de la pieza de 12.7 mm a hasta obtener un diámetro de 8mm. Con una longitud de 27.5 mm.	Desbastar a 8 mm de diámetro y longitud de 27.5mm.	

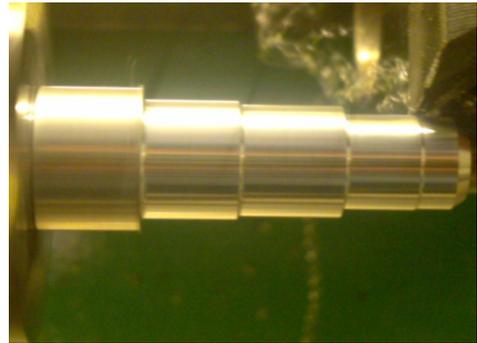
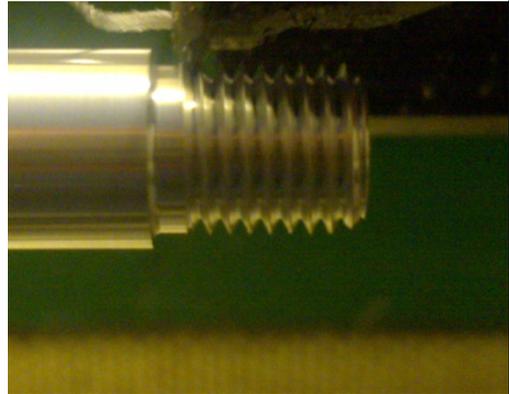
UNAM FESCA	HOJA DE PROCESO		Parte: Lado impulsor
	Ingeniería Mecánica Eléctrica	Proceso: MAQUINADO	Material: ALUMINIO
	Pieza: Flecha para bomba	Nº de Hoja 3 de 5	AREA: Manufactura

No.	Operación	Descripción	Instrucción	Imagen
6	CILINDRADO Ø 2	Desbaste de la barra de 12.5 mm a 10mm. Y una longitud de 8mm.	Desbastar la barra hasta obtener el diámetro y la longitud deseada. Ø=10mm L=8mm	
7	DESBASTE Ø 3	Desbastar diámetro original a un diámetro de 12.5mm de con una longitud de 8.25 mm.	Desbastar la barra hasta obtener el diámetro y la longitud deseada. Ø= 12.5mm L=8.25mm	
8	SET UP	Con la llave Allen aflojar el mandril y retirar la pieza.	Retirar la pieza del torno CNC.	

UNAM FESCA	HOJA DE PROCESO		PARTE ROSCA
	Ingeniería Mecánica Eléctrica	Proceso: MAQUINADO	Material: ALUMINIO
	Pieza: Flecha para bomba	Nº de Hoja 4 de 5	AREA: Manufactura

No.	Operación	Descripción	Instrucción	Imagen
9	SET UP	Colocar la pieza en el mandril sujetándola del $\varnothing 1= 8\text{mm}$.	Sujetar la flecha del diámetro 1, de 8 mm de diámetro.	
10	INSPECCIÓN	Revisar que el giro de la pieza se uniforme.	Dar movimiento al husillo y revisar que el giro de la pieza se totalmente uniforme	
11	CILINDRADO $\varnothing 4$	Desbaste la barra de 12.5 mm a 10mm. Y una longitud de 8mm.	Desbastar la barra hasta obtener el diámetro y la longitud deseada. $\varnothing= 10\text{mm}$ $L=8\text{mm}$	

UNAM FESCA	HOJA DE PROCESO		PARTE ROSCA
	Ingeniería Mecánica Eléctrica	Proceso: MAQUINADO	Material: ALUMINIO
	Pieza: Flecha para bomba	Nº de Hoja 5 de 5	AREA: Manufactura

No.	Operación	Descripción	Instrucción	Imagen
12	CILINDARADO Ø 5	Desbastar a 9.5 mm de diámetro y a una longitud de 8.7mm.	Desbastar la barra hasta obtener el diámetro y la longitud deseada. Ø= 9.5mm L=8.7mm	
13	ROSCADO	Avanzar el cortador linealmente a través de la superficie cilíndrica de la barra de trabajo en rotación y en dirección paralela al eje de rotación, a una velocidad de avance específica, para crear la cuerda en la flecha.		
14	RETIRAR LA PIEZA.			

Fecha: Mayo 2011	<h1>AYUDA VISUAL</h1> <h2>Flecha Mecánica</h2>	
Emisión: CNC		
Revisión: 0		
Hoja: 1 de 7		

- Identificar el interruptor de encendido del torno (off-on), el cual se encuentra en la parte posterior. Figura 6.1 Interruptor apagado.
- Girar en sentido horario de las manecillas del reloj. Figura 6.2 Interruptor encendido.

Operación 1
Encender torno
CNC



Figura 6.1 Interruptor off.



Figura 6.2 Interruptor on.

La pantalla aparecerá en su forma de inicio, figura 6.3.

- Localizar y pulsar en el tablero la tecla F3, figura 6.4.

Inspección 1
Identificación de
componentes

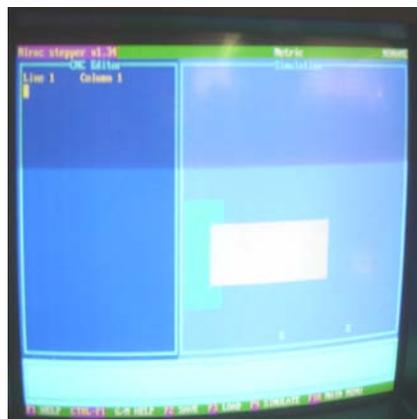


Figura 6.3 Pantalla de inicio.



Figura 6.4 Tablero del torno CNC.

Fecha: Mayo 2011	<h1>AYUDA VISUAL</h1> <p>Título:</p> <h2>Flecha Mecánica</h2>	
Emisión: CNC		
Revisión: 0		
Hoja: 2 de 7		

Operación 2

Cargar programa

- Después de pulsar F3 en la pantalla aparecerá una ventana con la lista de programas. Que existen guardados en la memoria del torno. Figura 6.5.
- Con el cursor del tablero desplazarse en el menú, figura 6.6.
- Seleccionar el programa que se desea ejecutar. El programa tiene por nombre la fecha de su creación “150408”.
- Presionar el botón EOB, figura 6.7. El cual abrirá la sintaxis del programa.

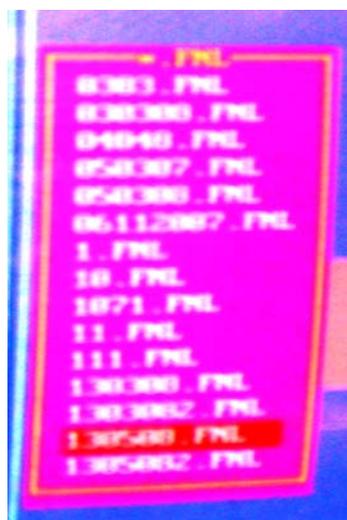
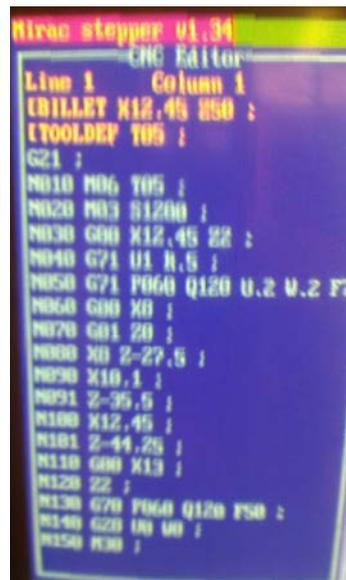


Figura 6.5 Lista de programas. Figura 6.6 Cursor. Figura 6.7 Botón EOB.

Fecha: Mayo 2011	AYUDA VISUAL	
Emisión: CNC		
Revisión: 0		
Hoja: 3 de 7		
Título:		Flecha Mecánica

- En la pantalla aparece la sintaxis del programa “150408”, figura 6.8.



```

Mira: stepper 01.34
CNC Editor
Line 1 Column 1
EDILLET X12.45 Z50 ;
[TOOLDEP T05 ;
G21 ;
M010 M06 T05 ;
M020 M03 S1200 ;
M030 G00 X12.45 Z2 ;
M040 G71 U1 R.5 ;
M050 G71 P060 Q120 U.2 V.2 F7
M060 G00 X0 ;
M070 G01 Z0 ;
M080 X0 Z-27.5 ;
M090 X10.1 ;
M091 Z-35.5 ;
M100 X12.45 ;
M101 Z-44.25 ;
M110 G00 X13 ;
M120 Z2 ;
M130 G70 P060 Q120 F50 ;
M140 G20 U0 W0 ;
M150 F30 ;

```

Inspección 2

Verificar Programa

Figura 6.8 Sintaxis del programa “150408”.

- Presionar el botón F5 para mostrar el menú de simulación, figura 6.9 Ventana de Simulación. Desplazarse con el cursor y seleccionar la opción deseada, con el botón EOB.



Simulación de programa

Verifica la sintaxis del programa.

Simula la corrida del programa.

Genera vista de pieza en 2D.

Figura 6.9 Ventana de simulación.

Fecha: Mayo 2011	AYUDA VISUAL Título: Flecha Mecánica	
Emisión: CNC		
Revisión: 0		
Hoja: 4 de 7		

- Seleccionar la opción *Run Program*, aparecerá en la pantalla una simulación gráfica de la flecha mecánica, figura 6.10.
- Verificar que sea el programa correcto.

OPERACION
3

Simulación de
maquinado

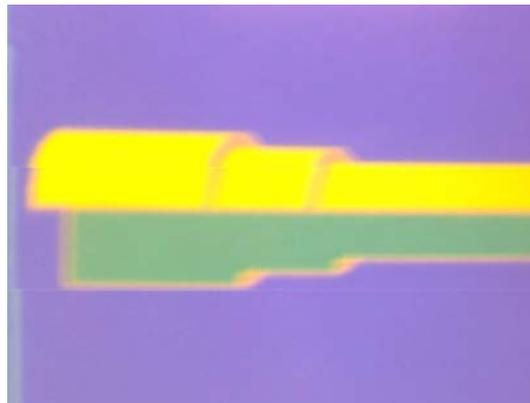


Figura 6.10 Simulación de flecha mecánica.

Fecha: Mayo 2011	<h1>AYUDA VISUAL</h1> <p>Título:</p> <h2>Flecha Mecánica</h2>	
Emisión: CNC		
Revisión: 0		
Hoja: 5 de 7		

OPERACIÓN
4

SET UP
"Mandar a casa"

Pulsar la siguiente
Secuencia de botones:

1. AUTO
2. HOME
3. EJES X y Z

Figura 6.11. Selección de operación y Figura 12. Control de ejes.

Esta secuencia manda a su punto de origen a los herramientas del torno.



Figura 6.11 Selección de operación.



Figura 6.12 Control de ejes.

Fecha: Mayo 2011	AYUDA VISUAL	
Emisión: CNC		
Revisión: 0		
Hoja: 6 de 7		
Título:		Flecha Mecánica

CARGAR OFFSETS. (Puntos de inicio de maquinado).

Operación 5

SET UP
Cargar Offset

- Secuencia de operación, figura 6.13.
1. Presionar F9 del panel de controles.
 2. Seleccionar en la ventana la opción. LOAD TOOL OFFSETS.
 - 3.- Presionar la tecla EOB.

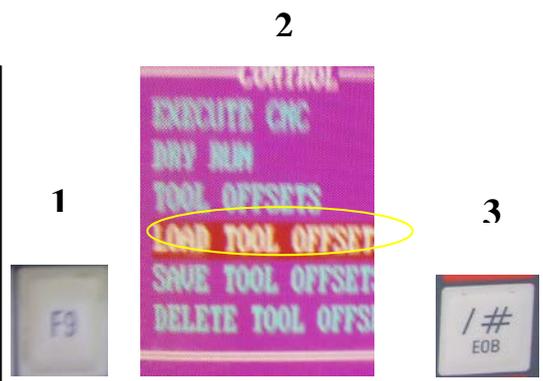


Figura 6.13 Secuencia de operación.

- Seleccionar el Off sets correspondiente al programa en la lista de Off sets guardados, figura 6.14.

Operación

1

- Secuencia de operaciones**
1. Buscar y seleccionar el Offset 150408.FLO.
 2. Presionar EOB.
 - 3.- Aparecerá en la parte inferior de la pantalla los off sets de la primera parte del programa, figura 6.15.



Figura 6.14 Lista de Offset.

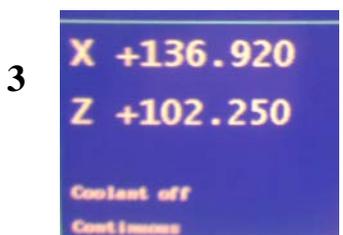


Figura 6.15. Off sets del programa.

Fecha: Mayo 2011	AYUDA VISUAL	
Emisión: CNC		
Revisión: 0		
Hoja: 7 de 7		
Título:		Flecha Mecánica

- Colocar la pieza de aluminio de ½ pulgada de espesor y una longitud de 7cm en el husillo.

Operación

1



- Maquinar pieza.
- Presionar el botón Cycle Start.

Operación

1



HOJA DE PROGRAMACIÓN								
Proyecto : Flecha mecánica				Programa: 150408				
Fecha: Mayo 2011				Aprobó: Ing. Sergio Martin Durán				
Elaboró: Ing. Enrique González Córdova				Hoja: 1 de 2				
Bloque N	Cód. G	Cód. M	Mov. Ejes.	F	S	T	R	UTILS
								<i>Billet</i> X12.7 ; Z 71.1
								Tooldef T05
N000	G21							
N010		M06				05		
N020								
N030	G00		X 12.5 Z2					
N031	G01		Z -0.5					
N032			X0					
N033	G00							
N040	G71							Ciclo de cilindrado (U 1.0 y R 0.5)
N050	G71			F 75				Ciclo de cilindrado P060 (inicio del ciclo)
								Q120 (fin de ciclo)
								U 0.2 W0.2(Tolerancia)
N060	G00		X 6					
N070	G01		Z 0					
N071			X 8 , Z 1.5					
N080			X 8 , Z 28					
N090			X 10.1					
N091			Z-36					
N100			X12.45					

HOJA DE PROGRAMACIÓN



Proyecto : Flecha mecánica

Programa: 1504082

Fecha: Mayo 2011

Aprobó: Ing. Sergio Martin Durán

Elaboró: Ing. Enrique González Córdova

Hoja: 1 de 2

Bloque N	Cód. G	Cód. M	Mov. Ejes.	F	S	T	R	UTILS
								Billet X12.7 ; Z 71.1
	G21							TOOLDEF T01, T03, T05.
N010		M06				05		
N020		M03			S 1200			Giro del husillo y velocidad rpm
N030	G00		X12.7, Z2					
N031	G00		Z 0					
N032	G01		X 0					
N033	G00		X 12.7, Z 2					
N040	G71							U 1.0 R 0.5
N050	G71			F75				P060 Q130
								U 0.2 W0.2
N060	G00		X6					
N070	G01		Z 0					
N080			X 8, Z-1.5					
N085			Z-10.6					
N090			X 9.5					
N095			Z- 19.35					
N100			X 10					
N102	G00		Z -27.35					
N120	G00		X13					
N130			Z-2					
N140	G70			50				P060 Q130

HOJA DE PROGRAMACION								
Proyecto : Flecha mecánica				Programa: 1504082				
Fecha: Mayo 2011				Aprobó: Ing. Sergio Martin Durán				
Elaboró: Ing. Enrique González Córdova				Hoja: 2 de 2				
Bloque N	Cód. G	Cód. M	Mov ejes.	F	S	T	R	UTILS
N150	G28							U 0.0 W 0.0
N160		M06				T 03		
N161	G00		X 12.7, Z-2					
N162			Z-10.6					
N163	G01		X 4.7732					
N164	G01							
N165	G28							U 0 , W 0
N170		M06				T01		
N180		M03			S 500			Sentido de giro del husillo y velocidad
N190	G00		X 8 , Z3					
N199	G76							Ciclo de roscado
								P040060
							R0.1	Q20
N200	G76		X5.77, Z-10				R0	P 613 Q100
								F1 (Paso de la rosca)
N210	G28							U 0 W0
N220		M30						

6.5 Explicación del programa

BILLET X 12.7 Z 71.1;

Billet: Define el tamaño de la pieza.

TOOLDEF T05;

Tooldef: Define la herramienta a utilizar.

G21;

G21: Sistema internacional (mm).

NO10 M06 T05;

M06: Selección de herramienta T03 herramienta seleccionada.

NO20 M03 S1200;

M03: Giro del husillo sentido horario y S velocidad rpm.

N030 G00 X12.7 Z2;

G00: Interpolación lineal al máximo avance de la hita (sin corte).

N031 G01 Z-0.5;

G01: Interpolación lineal a un avance determinado.

N032 X0;

Describe la trayectoria de la operación.

N033 G00 X12.5 Z2;

G00: Interpolación lineal al máximo avance de la hita (sin corte).

N040 G71 U1.0 R0.5;

G71: Ciclo de cilindrado.

U: Profundidad de corte.

R: Desahogo de la herramienta.

N050 G71 P060 Q120 U0.2 W0.2 F75;

P: Numero de bloque del inicio de ciclo.

Q: Numero de bloque el final del ciclo.

U: Tolerancia de acabado en X.

W: Tolerancia de acabado.

NO60 G00 X6;

N060: Inicio de cilindrado.

N070 G01 Z0;

G01: Interpolación lineal a un avance determinado que indica z.

N071 X8 Z-1.5;

Describe la trayectoria de la operación.

N080 X8 Z-28;

Describe la trayectoria de la operación.

N090 X10.1;

Describe la trayectoria de la operación.

N091 Z-36;

Describe la trayectoria de la operación.

N100 X12.45;

Describe la trayectoria de la operación.

N101 Z -44.75;

Describe la trayectoria de la operación.

N110 G00 X13;

G00: Interpolación lineal al máximo avance de la hita (sin corte).

N120 Z2;

Describe la trayectoria de la operación.

N130 G70 P060 Q120 F50;

G70: Define ciclo de acabado.

N140 G28 U0 W0;

G28 Mandar herramienta a posición de casa (home).

N150 M30;

Fin de programa.

PARTE 2 ROSCA

BILLET X12.7 Z 71.1;

Billet: Define el tamaño de la pieza.

TOOLDEF T01 T03 T05;

Toldeff: Define la herramienta a utilizar.

G21;

G21: Sistema internacional (mm).

N010 M06 T05;

M06: Selección de herramienta T03 herramienta seleccionada.

N020 M03 S1200;

M03: Giro del husillo sentido horario y S velocidad rpm.

N030 G00 X12.7 Z2;

G00: Interpolación lineal al máximo avance de la hita (sin corte).

N031 G00 Z0;

G00: Interpolación lineal al máximo avance de la hita (sin corte).

N032 G01 X0;

G01: Interpolación lineal a un avance determinado.

N033 G00 X12.7 Z2;

G00: Interpolación lineal al máximo avance de la hita (sin corte).

N040 G71 U1.0 R0.5;

G71: Ciclo de cilindrado.

U: Profundidad de corte.

R: Desahogo de la herramienta.

N050 G71 P060 Q130 U0.2 W0.2 F75;

P: Número de bloque del inicio de ciclo.

Q: Número de bloque el final del ciclo.

U: Tolerancia de acabado en X.

W: Tolerancia de acabado.

N060 G00 X6;

Inicia cilindrado.

N070 G01 Z0.0;

G01: Interpolación lineal a un avance determinado.

N080 X8 Z-1.5;

Describe la trayectoria de la operación.

N085 Z10.6;

Describe la trayectoria de la operación.

N090 X9.5;

Describe la trayectoria de la operación.

N095 Z-19.35;

Describe la trayectoria de la operación.

N100 X 10;

Describe la trayectoria de la operación.

N102 Z-27.35;

Describe la trayectoria de la operación.

N120 G00 X 13;

G00: Interpolación lineal al máximo avance de la hita (sin corte).

N130 Z-2;

Describe la trayectoria de la operación.

N140 G70 P060 Q130 F50;

Ciclo de acabado.

N150 G28 U0.0 W0.0;

G28: Mandar herramienta a posición de casa (home).

N160 M06 T03;

M06: Selección de herramienta T03 herramienta seleccionada.

M161 G00 X12.7 Z-2;

G00: Interpolación lineal al máximo avance de la hita (sin corte).

N162 Z-10.6;

Describe la trayectoria de la operación.

N163 G01 X 4.7732;

G01: Interpolación lineal a un avance determinado.

N164 G01 12.7;

G01: Interpolación lineal a un avance determinado.

N165 G28 U0 W0;

G28: Mandar herramienta a posición de casa (home).

N170 M06 T01;

M06: Selección de herramienta T03 herramienta seleccionada.

N180 M03 S500;

M03: Giro del husillo sentido horario y S velocidad rpm.

N190 G00 X8 Z3;

G00: Interpolación lineal al máximo avance de la hita (sin corte).

N199 G76 P040060 Q20 R0.1;

G76: Ciclo de roscado.

P00: Pasadas de acabado.

P00: Angulo de salida.

P00: Angulo entre flancos.

Q: profundidad de corte entre mil.

R: Tolerancia de acabado.

N200 G76 X5.7732 Z-10 R0.0 P613 Q100 F1;

X: Diámetro de núcleo a fondo.

Z: Longitud de la rosca.

P: Altura de la rosca entre mil.

Q: Es la profundidad de corte a la primera pasada.

F: Paso de la rosca.

N210 G28 U0 W0;

G28: Mandar herramienta a posición de casa (home).

N220 M30;

Fin de programa.

CAPÍTULO 7

ANÁLISIS MANUAL

7.1 Desarrollo

Las flechas mecánicas fueron fabricadas en aluminio, mediante un proceso de maquinado en un torno de control numérico, CNC. A continuación se realiza un control estadístico de los diámetros, 1, 2 y 4 de las flechas mecánicas fabricadas con este proceso, utilizando *gráficas* \bar{x} y *R*. Los diámetros se identifican en la figura 7.1. Se toma 15 muestras, cada una de tamaño cuatro. En la tabla 7.1 se muestran los datos obtenidos en la medición del diámetro 1.

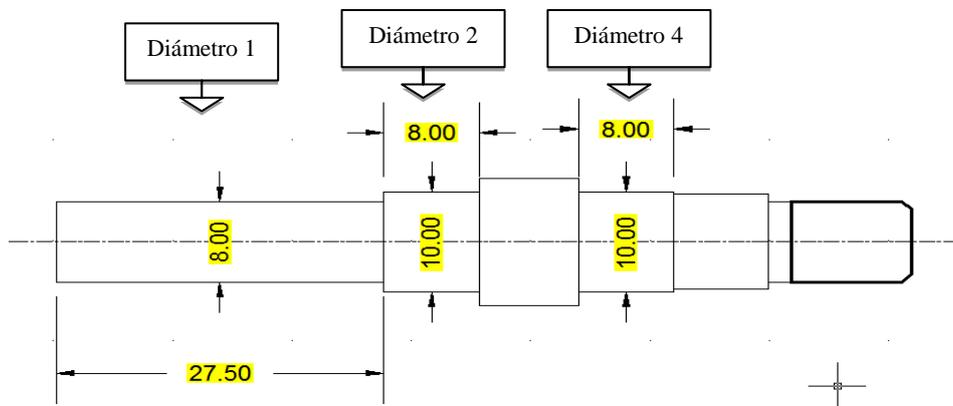


Figura 7.1 Flecha mecánica.

Tabla 7.1 Datos de la medición del diámetro 1.

Número de muestra	Observaciones			
	1	2	3	4
1	8.005	8.028	8.016	8.031
2	8.024	8.008	8.022	8.028
3	8.014	8.017	8.007	8.024
4	8.031	8.022	8.014	8.025
5	8.025	8.018	8.030	8.006
6	8.034	8.017	8.027	8.004
7	8.030	8.027	8.010	8.010
8	8.013	8.008	8.011	8.014
9	8.007	8.024	8.017	8.039
10	8.011	8.016	8.020	8.009
11	8.015	8.019	8.015	8.019
12	8.011	8.020	8.025	8.031
13	8.017	8.002	8.025	8.001
14	8.015	8.018	8.030	8.026
15	8.024	8.007	8.027	8.014

Calcular el **Rango y la Media** de cada muestra, el **rango** de la muestra se obtiene con la siguiente ecuación:

$$R = \text{máx}(x_i) - \text{mín}(x_i) \quad \text{-----} \rightarrow \text{Ec. 1}$$

$$= x_{\text{máx}} - x_{\text{mín}}$$

Es decir, el **rango R** es la diferencia entre la observación muestral más grande y la más pequeña. Donde la media de la muestra se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad \text{-----} \rightarrow \text{Ec. 2}$$

Cuando se establecen las **gráficas de control** \bar{x} y **R**, es mejor empezar con la carta **R**. Debido a que los límites de control de la **gráfica** \bar{x} dependen de la variabilidad del proceso, a menos que la variabilidad del proceso esté bajo control, estos límites no tendrán mucho sentido. Utilizando los datos de la tabla 7.1 y las ecuaciones 1 y 2, se obtienen los rangos y medias de las muestras del diámetro 1;

Muestra 1 del Diámetro 1:

$$R_1 = 8.031 - 8.005 = 0.026$$

$$\bar{x}_1 = \frac{8.005 + 8.028 + 8.016 + 8.031}{4} = \frac{32.08}{4} = 8.020$$

Los rangos y las medias de las muestras del diámetro 1 restantes se calculan de igual forma, dichos valores se muestran en la tabla 7.2.

Tabla 7.2 Rangos y medias del diámetro 1.

Número de muestra	Observaciones				R	\bar{x}
	1	2	3	4		
1	8.005	8.028	8.016	8.031	0.026	8.020
2	8.024	8.008	8.022	8.028	0.020	8.021
3	8.014	8.017	8.007	8.024	0.017	8.016
4	8.031	8.022	8.014	8.025	0.017	8.023
5	8.025	8.018	8.030	8.006	0.024	8.020
6	8.034	8.017	8.027	8.004	0.030	8.021
7	8.030	8.027	8.010	8.010	0.020	8.019
8	8.013	8.008	8.011	8.014	0.006	8.012
9	8.007	8.024	8.017	8.039	0.032	8.022
10	8.011	8.016	8.020	8.009	0.011	8.014
11	8.015	8.019	8.015	8.019	0.004	8.017
12	8.011	8.020	8.025	8.031	0.020	8.022
13	8.017	8.002	8.025	8.001	0.024	8.011
14	8.015	8.018	8.030	8.026	0.015	8.022
15	8.024	8.007	8.027	8.014	0.020	8.018
					$\Sigma = 0.286$	$\Sigma = 120.276$

Con la siguiente ecuación se obtiene la línea central de la **gráfica R**:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^{15} R_i}{15} = \frac{0.286}{15} = 0.019$$

Para muestras con $n = 4$, en la tabla I del apéndice A se encuentra que $D_3 = 0$ y $D_4 = 2.282$. Por lo tanto, al utilizar la siguiente ecuación se obtiene que los límites de control para la **gráfica R** son:

$$LCL = \bar{R}D_3 = 0.019(0) = 0$$

$$UCL = \bar{R}D_4 = 0.019(2.282) = 0.043$$

En la figura 7.2 se muestra la **gráfica R**. Cuando los 15 rangos muestrales se grafican no hay indicios de una condición fuera de control.

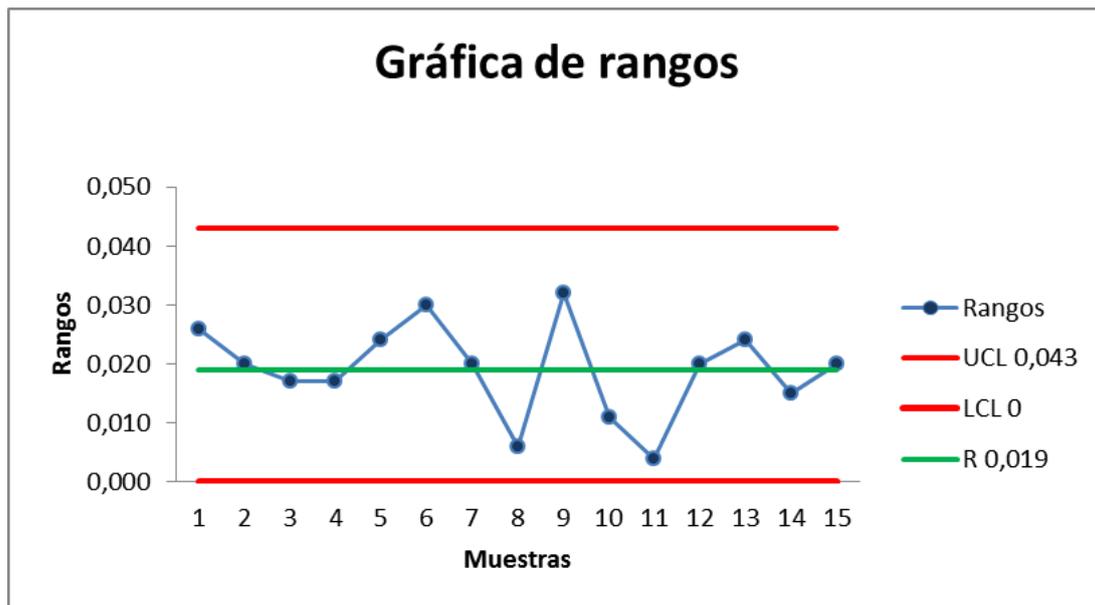


Figura 7.2 Gráfica R.

Puesto que la **gráfica R** indica que la variabilidad del proceso está bajo control, puede construirse ahora la **gráfica \bar{x}** . La línea central se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^{15} \bar{x}_i}{15} = \frac{120.276}{15} = 8.018$$

Para encontrar los límites de control de la **gráfica \bar{x}** se utiliza la siguiente ecuación. En la tabla I del apéndice A se encuentra que $A_2 = 0.729$ para muestras de tamaño $n = 4$.

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} = 8.018 + (0.729)(0.019) = 8.031$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} = 8.018 - (0.729)(0.019) = 8.004$$

La **gráfica \bar{x}** se muestra en la figura 7.3. Cuando los promedios muestrales preliminares se grafican, no se observa ningún indicio de una condición fuera de control. Por lo tanto, puesto que las **graficas \bar{x} y R** indican control, se concluiría que el proceso está bajo control en los niveles establecidos y se adoptan los límites de control de prueba para usarlos en el control estadístico del proceso en línea.

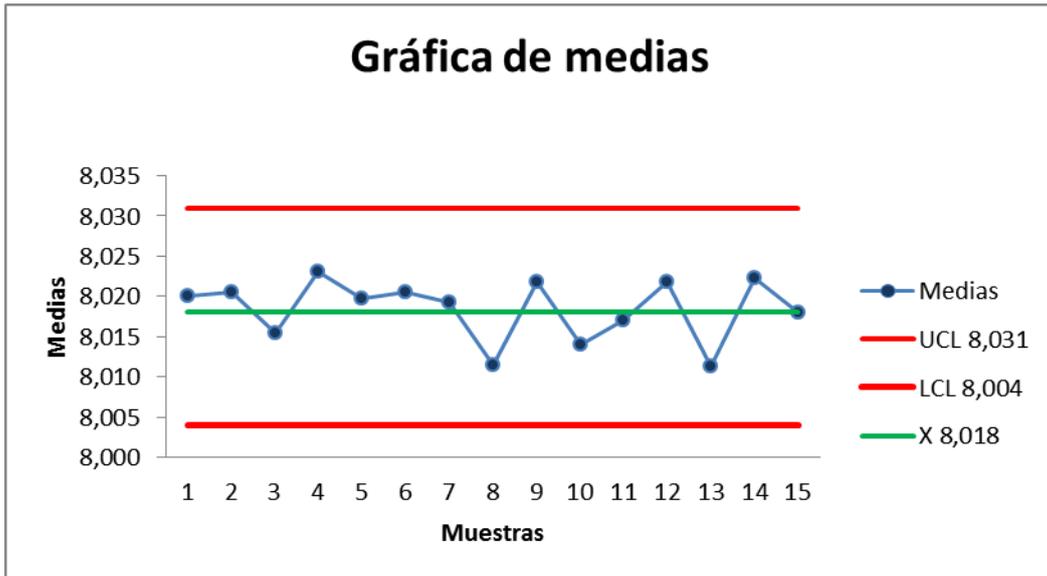


Figura 7.3 Gráfica \bar{x}

Datos obtenidos en la medición del diámetro 2, tabla 7.3.

Tabla 7.3 Datos de la medición del diámetro 2.

Número de muestra	Observaciones			
	1	2	3	4
1	10.025	10.025	10.040	10.013
2	10.030	10.024	10.027	10.033
3	10.039	10.025	10.012	10.030
4	10.033	10.027	10.009	10.028
5	10.051	10.018	10.021	10.030
6	10.024	10.019	10.010	10.028
7	10.018	10.029	10.036	10.031
8	10.025	10.003	10.042	10.024
9	10.038	10.018	10.025	10.007
10	10.011	10.039	10.034	10.021
11	10.045	10.033	10.014	10.010
12	10.017	10.037	10.024	10.009
13	10.036	10.022	10.014	10.010
14	10.030	10.012	10.008	10.023
15	10.022	10.019	10.010	10.048

Utilizando los datos de la tabla 7.3 y las ecuaciones 1 y 2, se obtienen los rangos y medias de las muestras del diámetro 2;

Muestra 1 del Diámetro 2

$$R_1 = 10.040 - 10.013 = 0.027$$

$$\bar{x}_1 = \frac{10.025 + 10.025 + 10.040 + 10.013}{4} = \frac{40.103}{4} = 10.025$$

Los rangos y las medias de las muestras del diámetro 2 restantes se calculan de igual forma, dichos valores son los siguientes, tabla 7.4.

Tabla 7.4 Rangos y medias del diámetro 2.

Número de muestra	Observaciones				R	\bar{x}
	1	2	3	4		
1	10.025	10.025	10.040	10.013	0.027	10.025
2	10.030	10.024	10.027	10.033	0.009	10.029
3	10.039	10.025	10.012	10.030	0.027	10.027
4	10.033	10.027	10.009	10.028	0.024	10.024
5	10.051	10.018	10.021	10.030	0.033	10.030
6	10.024	10.019	10.010	10.028	0.018	10.020
7	10.018	10.029	10.036	10.031	0.018	10.029
8	10.025	10.003	10.042	10.024	0.039	10.024
9	10.038	10.018	10.025	10.007	0.031	10.022
10	10.011	10.039	10.034	10.021	0.028	10.026
11	10.045	10.033	10.014	10.010	0.035	10.026
12	10.017	10.037	10.024	10.009	0.028	10.022
13	10.036	10.022	10.014	10.010	0.026	10.021
14	10.030	10.012	10.008	10.023	0.022	10.018
15	10.022	10.019	10.010	10.048	0.038	10.025
					$\Sigma = 0.403$	$\Sigma = 150.366$

Con la siguiente ecuación se obtiene la línea central de la *gráfica R*:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^{15} R_i}{15} = \frac{0.403}{15} = 0.026$$

Para muestras con $n = 4$, en la tabla I del apéndice A se encuentra que $D_3 = 0$ y $D_4 = 2.282$. Por lo tanto, al utilizar la siguiente ecuación se obtiene que los límites de control para la *gráfica R* son:

$$LCL = \bar{R}D_3 = 0.026(0) = 0$$

$$UCL = \bar{R}D_4 = 0.026(2.282) = 0.061$$

En la figura 7.4 se muestra la *gráfica R*. Cuando los 15 rangos muestrales se grafican no hay indicios de una condición fuera de control.

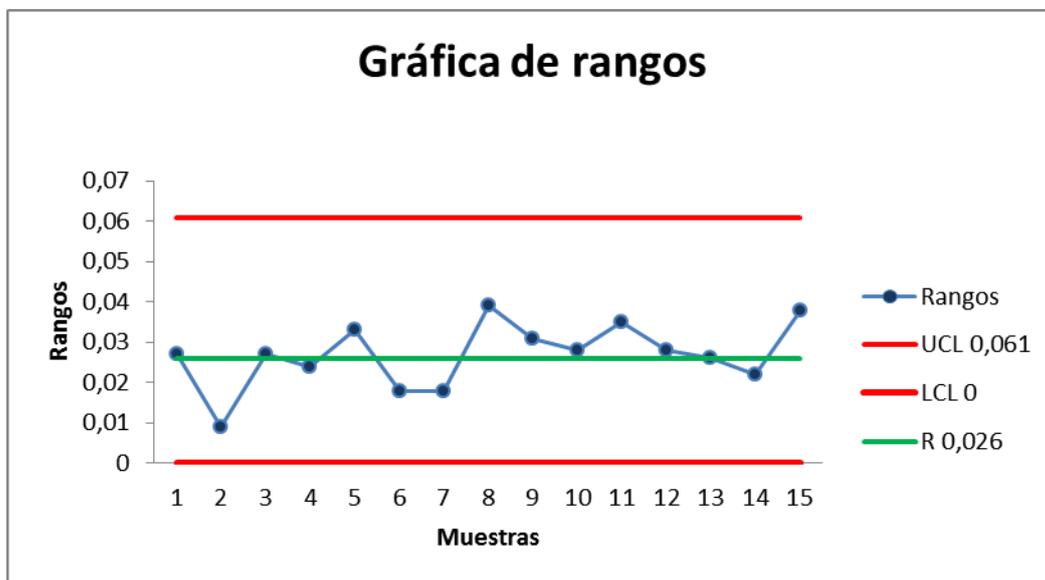


Figura 7.4 Gráfica R.

Puesto que la *gráfica R* indica que la variabilidad del proceso está bajo control, puede construirse ahora la *gráfica \bar{x}* . La línea central se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^{15} \bar{x}_i}{15} = \frac{150.366}{15} = 10.024$$

Para encontrar los límites de control de la *gráfica \bar{x}* se utiliza la siguiente ecuación. En la tabla I del apéndice A se encuentra que $A_2 = 0.729$ para muestras de tamaño $n = 4$.

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} = 10.024 + (0.729)(0.026) = 10.042$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} = 10.024 - (0.729)(0.026) = 10.005$$

La *gráfica* \bar{x} se muestra en la figura 7.5. Cuando los promedios muestrales preliminares se grafican, no se observa ningún indicio de una condición fuera de control. Por lo tanto, puesto que las *gráficas* \bar{x} y *R* indican control, se concluiría que el proceso está bajo control en los niveles establecidos y se adoptan los límites de control de prueba para usarlos en el control estadístico del proceso en línea.

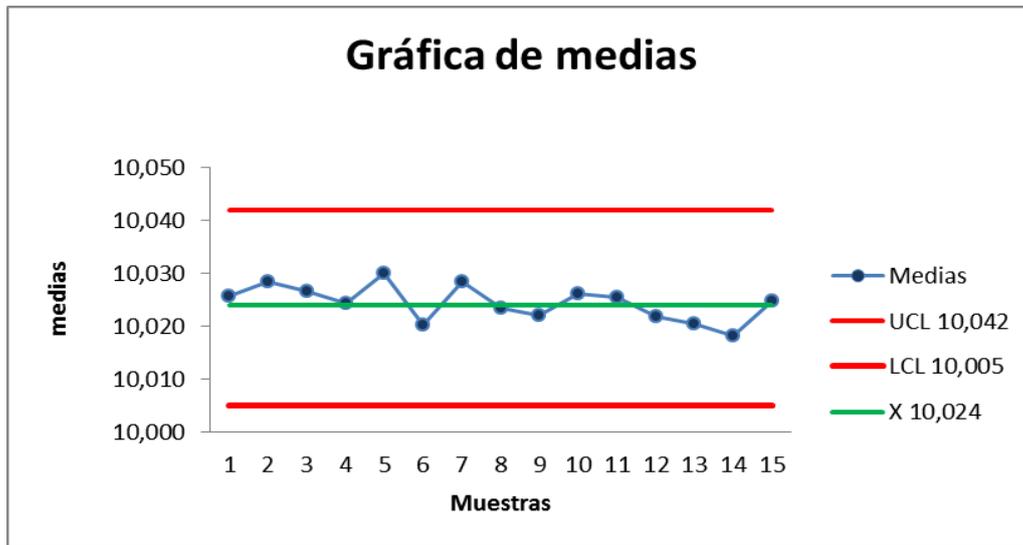


Figura 7.5 Gráfica \bar{x}

Datos obtenidos en la medición del diámetro 4, tabla 7.5.

Tabla 7.5 Datos de la medición del diámetro 4.

Número de muestra	Observaciones			
	1	2	3	4
1	10.068	10.052	10.062	10.053
2	10.050	10.062	10.059	10.060
3	10.042	10.064	10.057	10.058
4	10.052	10.064	10.082	10.054
5	10.052	10.056	10.061	10.042
6	10.047	10.058	10.037	10.059
7	10.052	10.053	10.065	10.044
8	10.047	10.061	10.056	10.048
9	10.053	10.041	10.063	10.042
10	10.055	10.046	10.065	10.046
11	10.049	10.066	10.048	10.063
12	10.047	10.061	10.053	10.062
13	10.042	10.059	10.054	10.066
14	10.068	10.051	10.045	10.041
15	10.049	10.038	10.056	10.055

Utilizando los datos de la tabla 7.5 y las ecuaciones 1 y 2, se obtienen los rangos y medias de las muestras del diámetro 4;

Muestra 1 del Diámetro 4

$$R_1 = 10.068 - 10.052 = 0.016$$

$$\bar{x}_1 = \frac{10.068 + 10.052 + 10.062 + 10.053}{4} = \frac{40.235}{4} = 10.058$$

Los rangos y las medias de las muestras del diámetro 4 restantes se calculan de igual forma, dichos valores son los siguientes, tabla 7.6.

Tabla 7.6 Rangos y medias, diámetro 4.

Número de muestra	Observaciones				R	\bar{x}
	1	2	3	4		
1	10.068	10.052	10.062	10.053	0.016	10.058
2	10.050	10.062	10.059	10.060	0.012	10.058
3	10.042	10.064	10.057	10.058	0.022	10.055
4	10.052	10.064	10.082	10.054	0.030	10.063
5	10.052	10.056	10.061	10.042	0.019	10.053
6	10.047	10.058	10.037	10.059	0.022	10.050
7	10.052	10.053	10.065	10.044	0.021	10.054
8	10.047	10.061	10.056	10.048	0.014	10.053
9	10.053	10.041	10.063	10.042	0.022	10.050
10	10.055	10.046	10.065	10.046	0.019	10.053
11	10.049	10.066	10.048	10.063	0.018	10.057
12	10.047	10.061	10.053	10.062	0.015	10.056
13	10.042	10.059	10.054	10.066	0.024	10.055
14	10.068	10.051	10.045	10.041	0.027	10.051
15	10.049	10.038	10.056	10.055	0.018	10.050
					$\Sigma = 0.299$	$\Sigma = 150.815$

Con la siguiente ecuación se obtiene la línea central de la *gráfica R*:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^{15} R_i}{15} = \frac{0.299}{15} = 0.019$$

Para muestras con $n = 4$, en la tabla I del apéndice A se encuentra que $D_3 = 0$ y $D_4 = 2.282$. Por lo tanto, al utilizar la siguiente ecuación se obtiene que los límites de control para la *gráfica R* son:

$$LCL = \bar{R}D_3 = 0.019(0) = 0$$

$$UCL = \bar{R}D_4 = 0.019(2.282) = 0.045$$

En la figura 7.6 se muestra la *gráfica R*. Cuando los 15 rangos muestrales se grafican no hay indicios de una condición fuera de control.

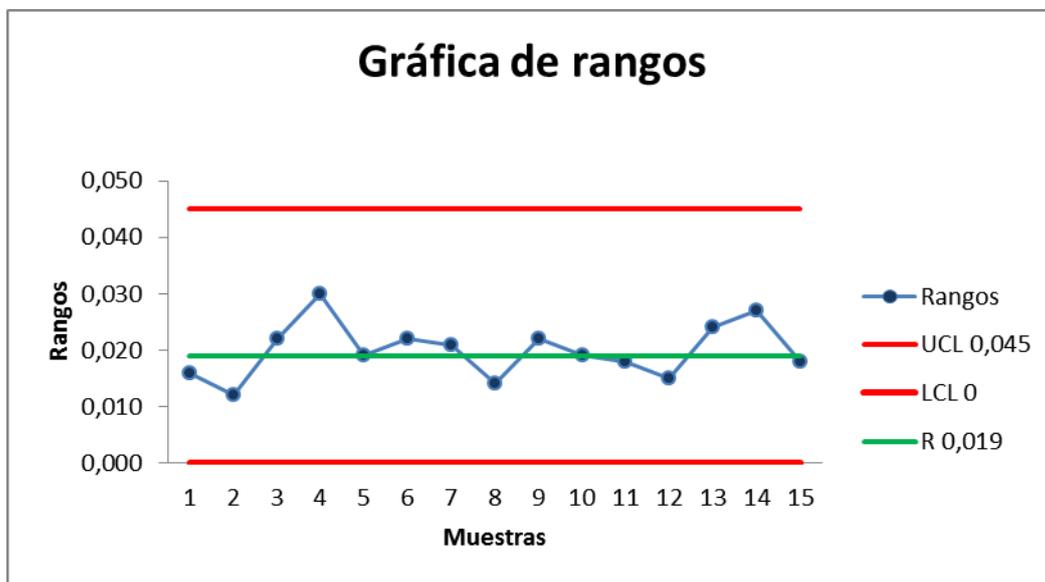


Figura 7.6 Gráfica R.

Puesto que la *gráfica R* indica que la variabilidad del proceso está bajo control, puede construirse ahora la *gráfica \bar{x}* . La línea central se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^{15} \bar{x}_i}{15} = \frac{150.815}{15} = 10.054$$

Para encontrar los límites de control de la *gráfica \bar{x}* se utiliza la siguiente ecuación. En la tabla I del apéndice A se encuentra que $A_2 = 0.729$ para muestras de tamaño $n = 4$.

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} = 10.054 + (0.729)(0.019) = 10.068$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} = 10.054 - (0.729)(0.019) = 10.039$$

La *gráfica* \bar{x} se muestra en la figura 7.7. Cuando los promedios muestrales preliminares se grafican, no se observa ningún indicio de una condición fuera de control. Por lo tanto, puesto que las *gráficas* \bar{x} y R indican control, se concluiría que el proceso está bajo control en los niveles establecidos y se adoptan los límites de control de prueba para usarlos en el control estadístico del proceso en línea.

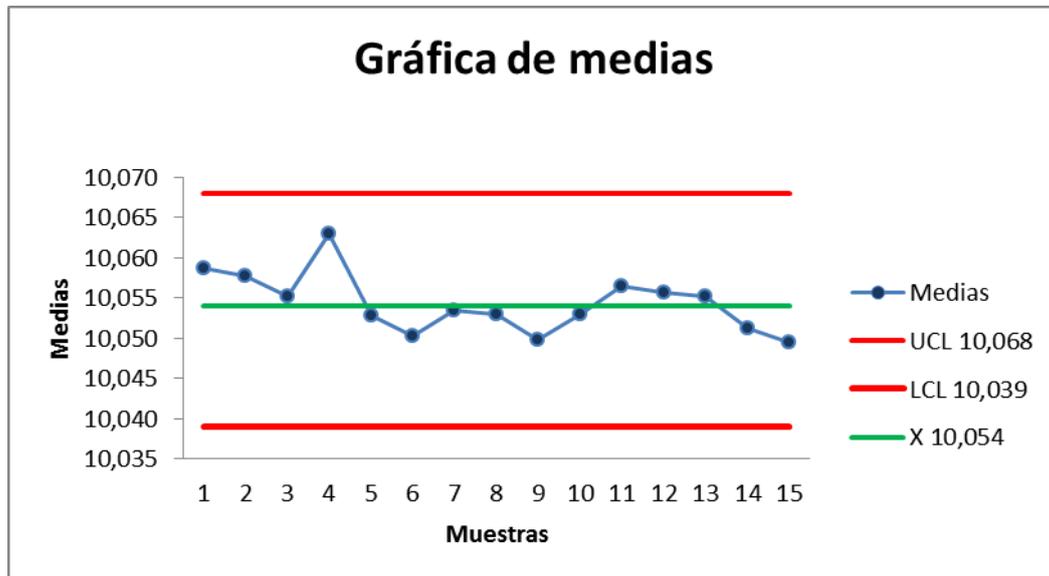


Figura 7.7 Gráfica \bar{x} .

Se ha señalado ya que una gráfica de control puede indicar una condición fuera de control aun cuando ningún punto particular se localice fuera de los límites de control, cuando el patrón de los puntos graficados muestra un comportamiento no aleatorio o sistemático. En muchos casos, el patrón de los puntos graficados proporcionará información de diagnóstico útil sobre el proceso, y esta información puede usarse para realizarse modificaciones que reduzcan la variabilidad (la meta del control estadístico de proceso).

Para interpretar patrones en una gráfica \bar{x} es necesario determinar primero si la carta R está o no bajo control. Algunas causas asignables aparecen tanto en la gráfica \bar{x} como en la carta R . Si las dos gráficas \bar{x} y R muestran un patrón no aleatorio, la mejor estrategia es eliminar primero las causas asignables de la gráfica R . en muchos casos, con esto se eliminará automáticamente el patrón no aleatorio de la gráfica \bar{x} . Nunca deberá intentar interpretar la gráfica \bar{x} cuando la gráfica R indique una condición fuera de control.

En la práctica, es común usar paquetes de software de computadora para construir las gráficas de control $\bar{x}yR$. En el siguiente capítulo se realizará las gráficas de control $\bar{x}yR$ en Minitab, un popular paquete de estadística para PC.

CAPÍTULO 8

ANÁLISIS DIGITAL CON MINITAB

8.1 Introducción

A continuación se realizará el control estadístico con *Minitab*, *gráficas de control* \bar{x} y *R*, al lote de flechas mecánicas, el cual fue maquinado en un torno de control numérico, CNC.

El software calculará los parámetros de las muestras, los límites de control superior e inferior, y las gráficas de control.

El análisis se realizará nuevamente en base a las medidas de los diámetros 1, 2 y 4 de cada una de las piezas del lote muestral, los diámetros se ilustran en el dibujo de la flecha mecánica, figura 8.1, y dichos valores se encuentran en las tablas 7.1, 7.3 y 7.5 respectivamente.

Se han tomado 60 piezas muestrales, por lo cual, ha sido dividido en 15 muestras, cada una con 4 observaciones. Todas las muestras fueron medidas con un micrómetro digital.

Se comenzará con el diámetro 1, posteriormente el diámetro 2 y por último el diámetro 4.

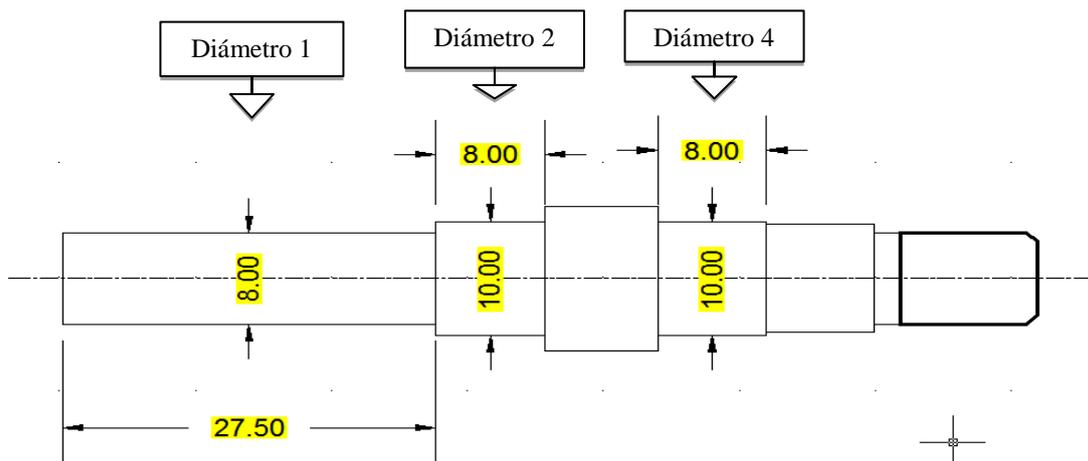


Figura 8.1 Flecha mecánica

8.2 Desarrollo

Paso 1. Introducir los valores muestra del *diámetro 1* de la tabla 7.1, en la hoja de trabajo de *Minitab*, figura 8.2.

The screenshot shows the Minitab interface with a data entry window titled 'Diámetro 1 ***'. The window contains a table with 15 rows and 15 columns (C1 to C15). The data is as follows:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
1	8,005	8,028	8,016	8,031											
2	8,024	8,008	8,022	8,028											
3	8,014	8,017	8,007	8,024											
4	8,031	8,022	8,014	8,025											
5	8,025	8,018	8,030	8,006											
6	8,034	8,017	8,027	8,004											
7	8,030	8,027	8,010	8,010											
8	8,013	8,008	8,011	8,014											
9	8,007	8,024	8,017	8,039											
10	8,011	8,016	8,020	8,009											
11	8,015	8,019	8,015	8,019											
12	8,011	8,020	8,025	8,031											
13	8,017	8,002	8,025	8,001											
14	8,015	8,018	8,030	8,026											
15	8,024	8,007	8,027	8,014											

Figura 8.2 Valores muestra del diámetro 1.

Paso 2. Calcular la media de cada muestra, figura 8.3.

The screenshot shows the Minitab interface with the same data as Figure 8.2, but with a new column (C5) added containing the calculated mean for each row. The data is as follows:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
1	8,005	8,028	8,016	8,031	8,02000										
2	8,024	8,008	8,022	8,028	8,02050										
3	8,014	8,017	8,007	8,024	8,01550										
4	8,031	8,022	8,014	8,025	8,02300										
5	8,025	8,018	8,030	8,006	8,01975										
6	8,034	8,017	8,027	8,004	8,02050										
7	8,030	8,027	8,010	8,010	8,01925										
8	8,013	8,008	8,011	8,014	8,01150										
9	8,007	8,024	8,017	8,039	8,02175										
10	8,011	8,016	8,020	8,009	8,01400										
11	8,015	8,019	8,015	8,019	8,01700										
12	8,011	8,020	8,025	8,031	8,02175										
13	8,017	8,002	8,025	8,001	8,01125										
14	8,015	8,018	8,030	8,026	8,02225										
15	8,024	8,007	8,027	8,014	8,01800										

Figura 8.3 Valor de la media de cada muestra.

Paso 3. Calcular la media de las medias, figura 8.4.

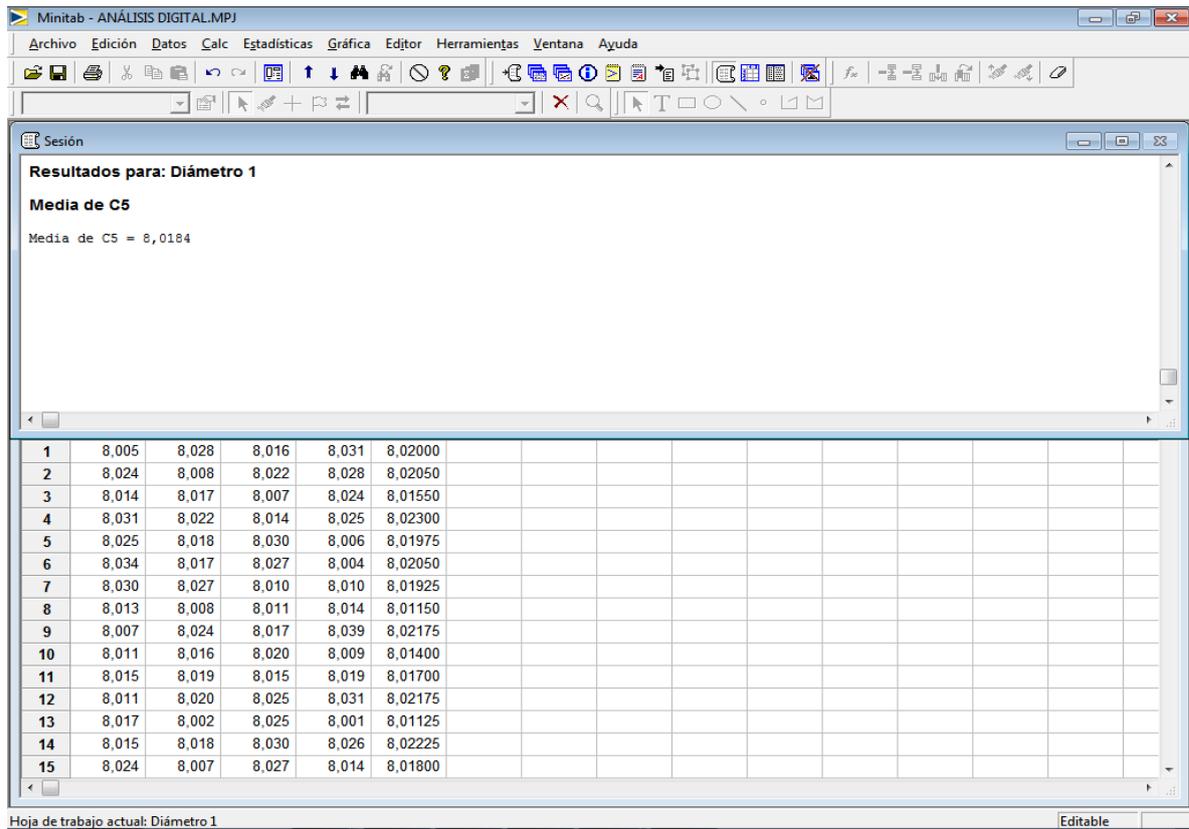


Figura 8.4 Valor de la media de las medias.

Paso 4. Apilar los datos de cada muestra, figura 8.5.

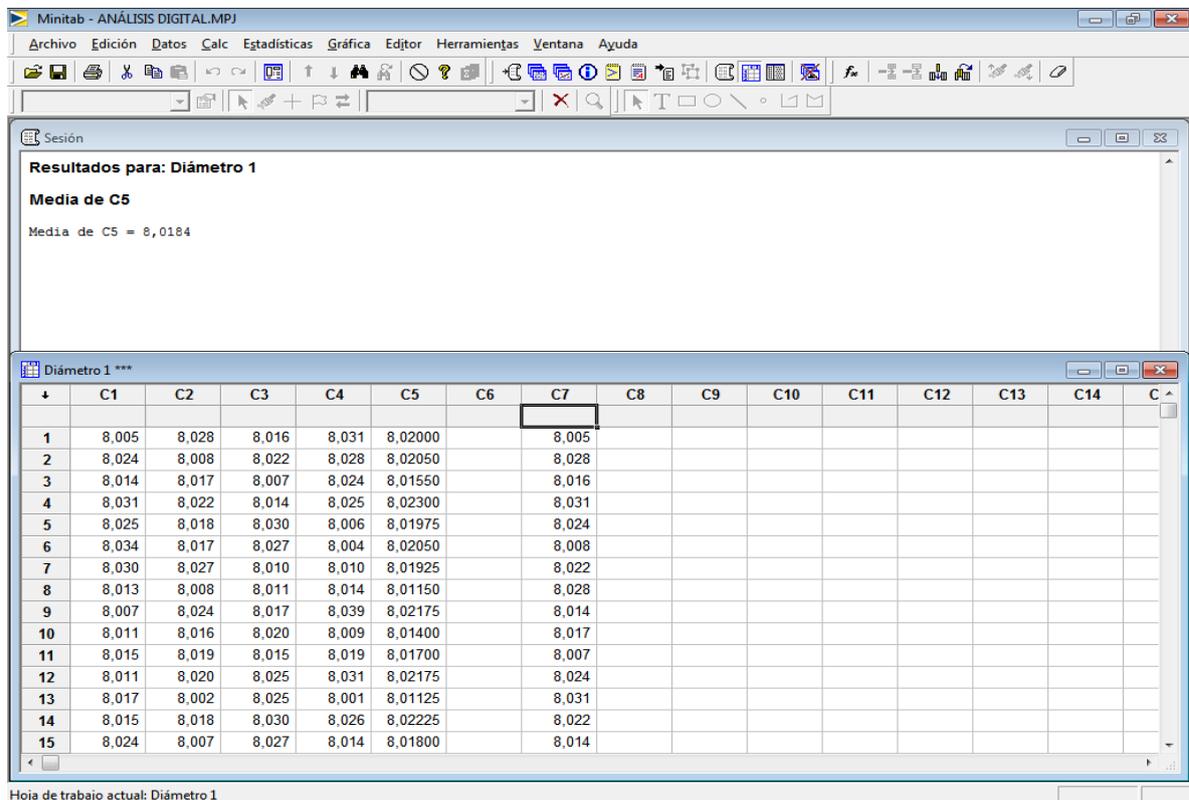


Figura 8.5 Datos apilados de cada muestra.

Paso 5. Construcción de la gráfica de control \bar{x} y R , figura 8.6.

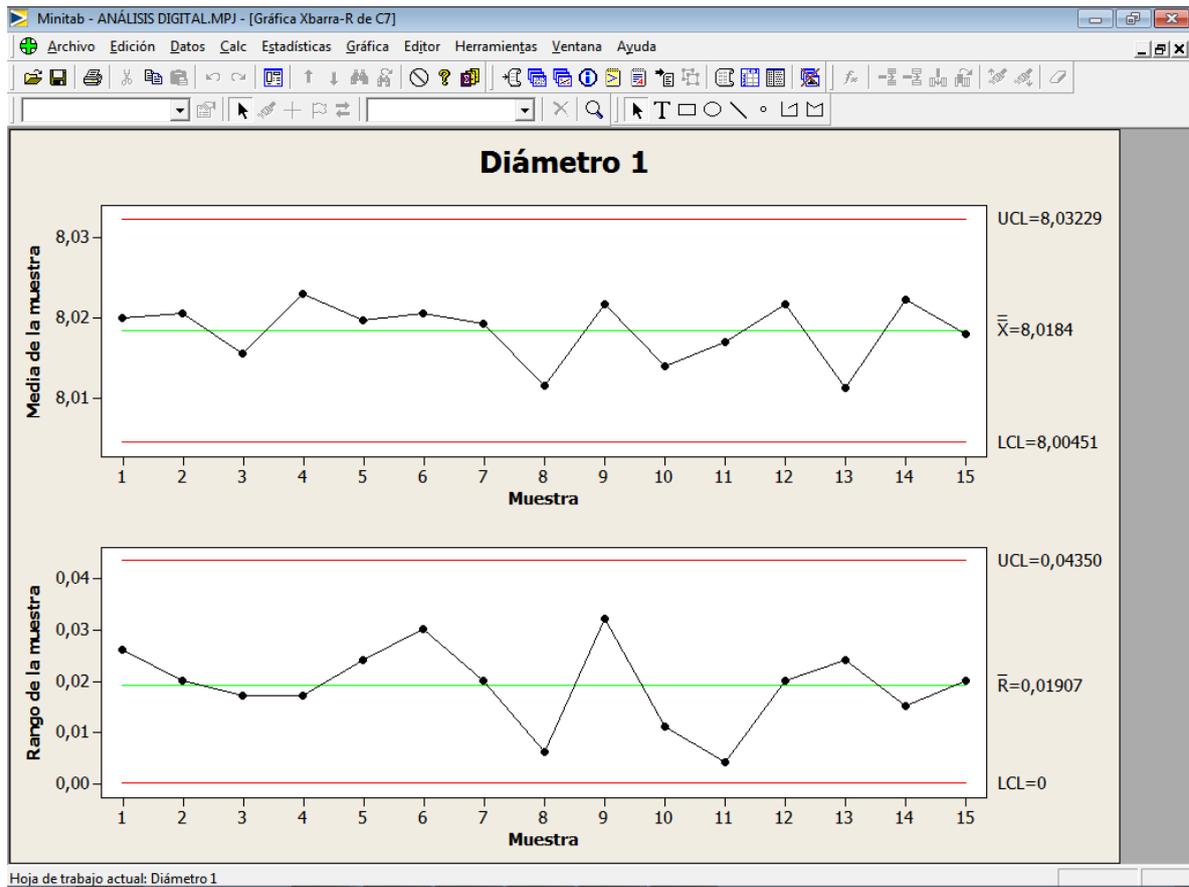


Figura 8.6 Gráfica de control \bar{x} y R , diámetro 1.

Continuamos con la elaboración de la gráfica de control \bar{x} y R , del diámetro 2.

Paso 1. Introducir los valores muestra del *diámetro 2* de la tabla 7.3, en la hoja de trabajo de *Minitab*, figura 8.7.

Hoja de trabajo actual: Diámetro 2

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
1	10,025	10,025	10,040	10,013										
2	10,030	10,024	10,027	10,033										
3	10,039	10,025	10,012	10,030										
4	10,033	10,027	10,009	10,028										
5	10,051	10,018	10,021	10,030										
6	10,024	10,019	10,010	10,028										
7	10,018	10,029	10,036	10,031										
8	10,025	10,003	10,042	10,024										
9	10,038	10,018	10,025	10,007										
10	10,011	10,039	10,034	10,021										
11	10,045	10,033	10,014	10,010										
12	10,017	10,037	10,024	10,009										
13	10,036	10,022	10,014	10,010										
14	10,030	10,012	10,008	10,023										
15	10,022	10,019	10,010	10,048										

Figura 8.7 Valores muestra del diámetro 2.

Paso 2. Calcular la media de cada muestra, figura 8.8.

Hoja de trabajo actual: Diámetro 2

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
1	10,025	10,025	10,040	10,013	10,0257									
2	10,030	10,024	10,027	10,033	10,0285									
3	10,039	10,025	10,012	10,030	10,0265									
4	10,033	10,027	10,009	10,028	10,0243									
5	10,051	10,018	10,021	10,030	10,0300									
6	10,024	10,019	10,010	10,028	10,0203									
7	10,018	10,029	10,036	10,031	10,0285									
8	10,025	10,003	10,042	10,024	10,0235									
9	10,038	10,018	10,025	10,007	10,0220									
10	10,011	10,039	10,034	10,021	10,0262									
11	10,045	10,033	10,014	10,010	10,0255									
12	10,017	10,037	10,024	10,009	10,0218									
13	10,036	10,022	10,014	10,010	10,0205									
14	10,030	10,012	10,008	10,023	10,0183									
15	10,022	10,019	10,010	10,048	10,0247									

Figura 8.8 Valor de la media de cada muestra.

Paso 3. Calcular la media de las medias, figura 8.9.

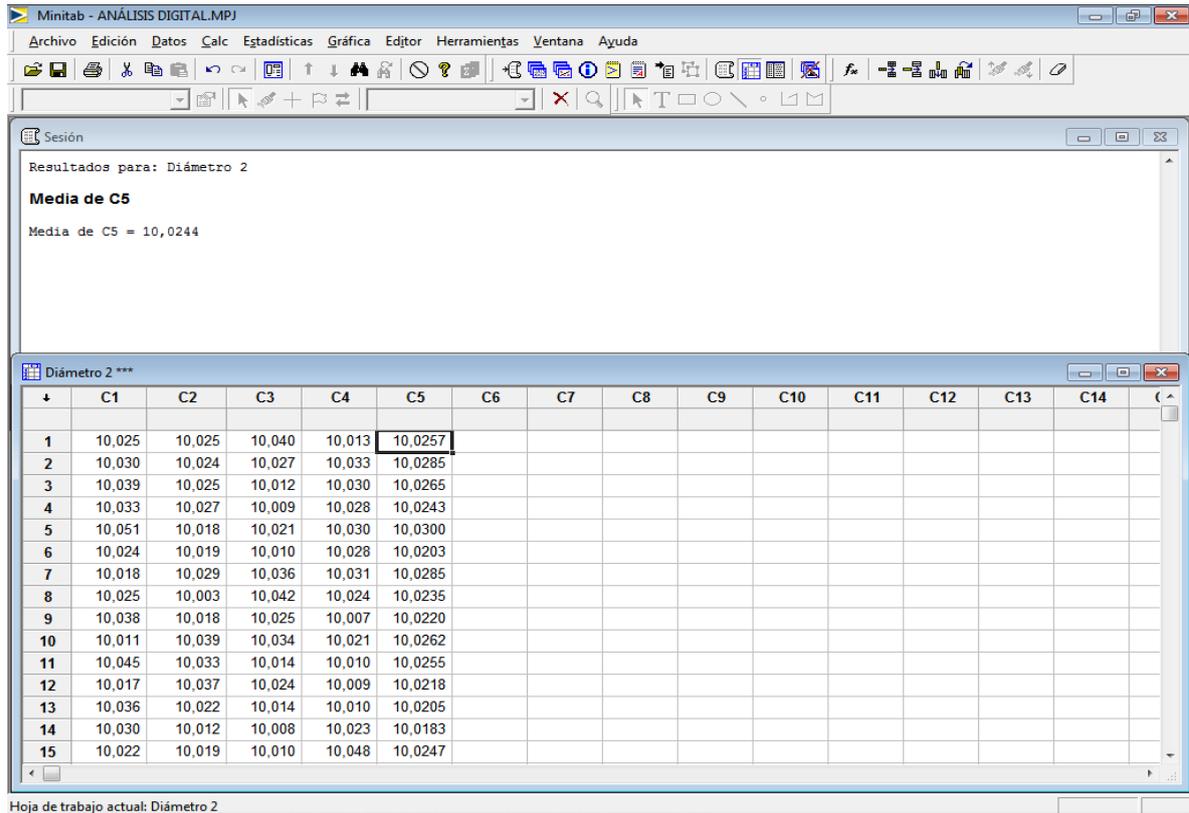


Figura 8.9 Valor de la media de las medias.

Paso 4. Apilar los datos de cada muestra, figura 8.10.

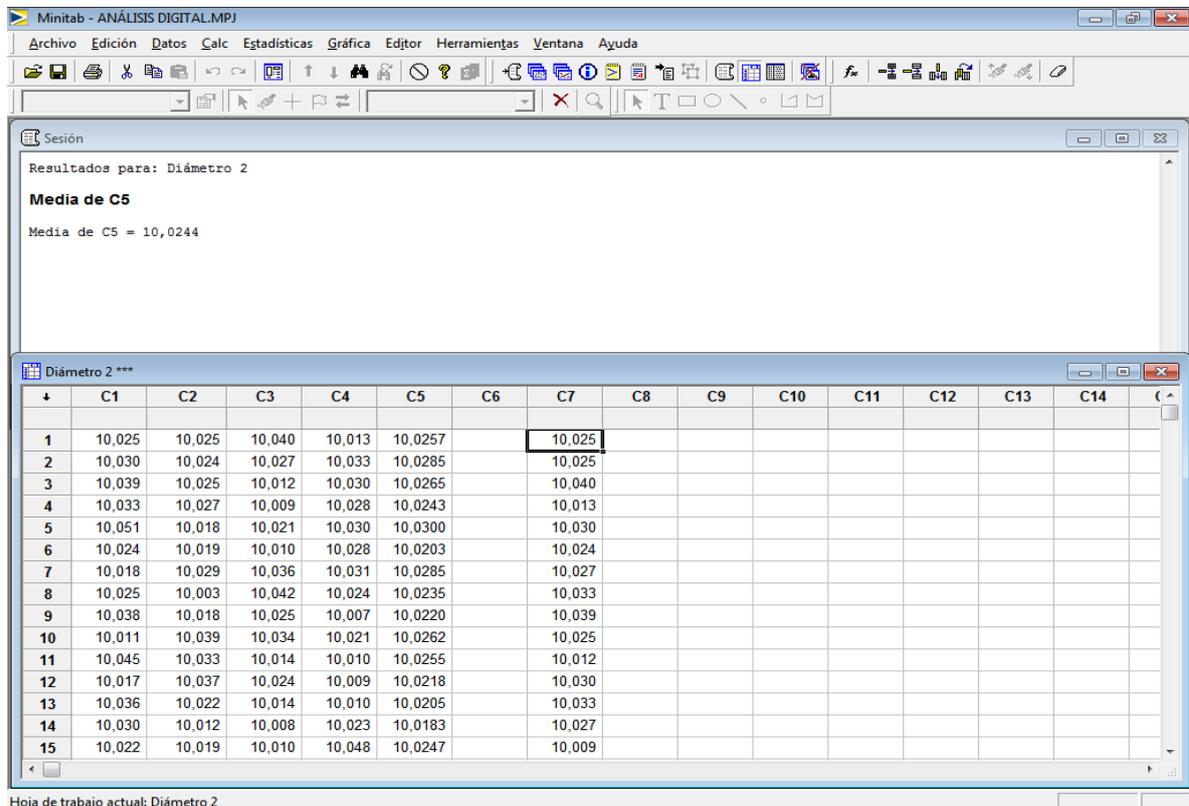


Figura 8.10 Datos apilados de cada muestra.

Paso 5. Construcción de la gráfica de control \bar{x} y R, figura 8.11.

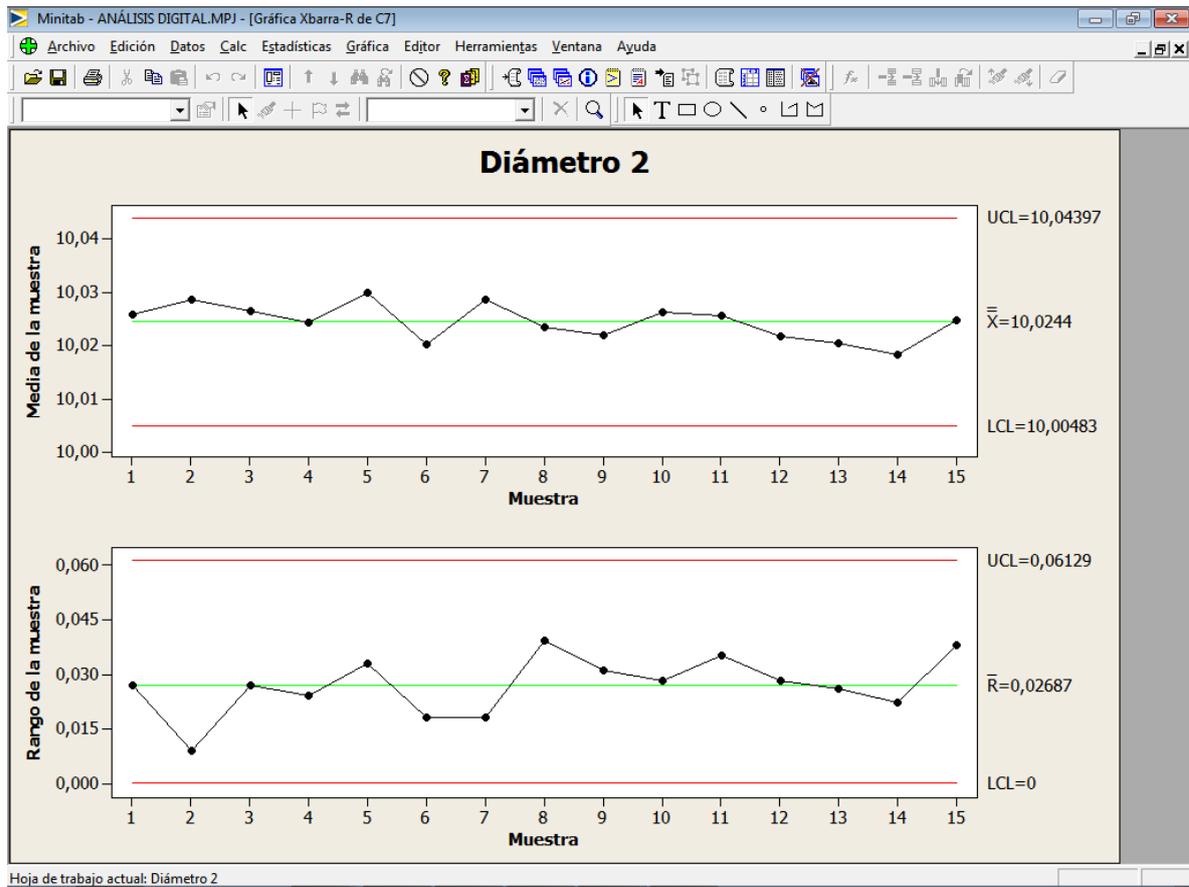


Figura 8.11 Gráfica de control \bar{x} y R, diámetro 2.

Por último elaboramos la gráfica de control \bar{x} y R del diámetro 4.

Paso 1. Introducir los valores muestra del *diámetro 4* de la tabla 7.5, en la hoja de trabajo de *Minitab*, figura 8.12.

Hoja de trabajo actual: Diámetro 4

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
1	10,068	10,052	10,062	10,053											
2	10,050	10,062	10,059	10,060											
3	10,042	10,064	10,057	10,058											
4	10,052	10,064	10,082	10,054											
5	10,052	10,056	10,061	10,042											
6	10,047	10,058	10,037	10,059											
7	10,052	10,053	10,065	10,044											
8	10,047	10,061	10,056	10,048											
9	10,053	10,041	10,063	10,042											
10	10,055	10,046	10,065	10,046											
11	10,049	10,066	10,048	10,063											
12	10,047	10,061	10,053	10,062											
13	10,042	10,059	10,054	10,066											
14	10,068	10,051	10,045	10,041											
15	10,049	10,038	10,056	10,055											

Figura 8.12 Valores muestra del diámetro 4.

Paso 2. Calcular la media de cada muestra, figura 8.13.

Hoja de trabajo actual: Diámetro 4

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
1	10,068	10,052	10,062	10,053	10,0588										
2	10,050	10,062	10,059	10,060	10,0578										
3	10,042	10,064	10,057	10,058	10,0553										
4	10,052	10,064	10,082	10,054	10,0630										
5	10,052	10,056	10,061	10,042	10,0528										
6	10,047	10,058	10,037	10,059	10,0503										
7	10,052	10,053	10,065	10,044	10,0535										
8	10,047	10,061	10,056	10,048	10,0530										
9	10,053	10,041	10,063	10,042	10,0498										
10	10,055	10,046	10,065	10,046	10,0530										
11	10,049	10,066	10,048	10,063	10,0565										
12	10,047	10,061	10,053	10,062	10,0558										
13	10,042	10,059	10,054	10,066	10,0552										
14	10,068	10,051	10,045	10,041	10,0513										
15	10,049	10,038	10,056	10,055	10,0495										

Figura 8.13 Valor de la media de cada muestra.

Paso 3. Calcular la media de las medias, figura 8.14.

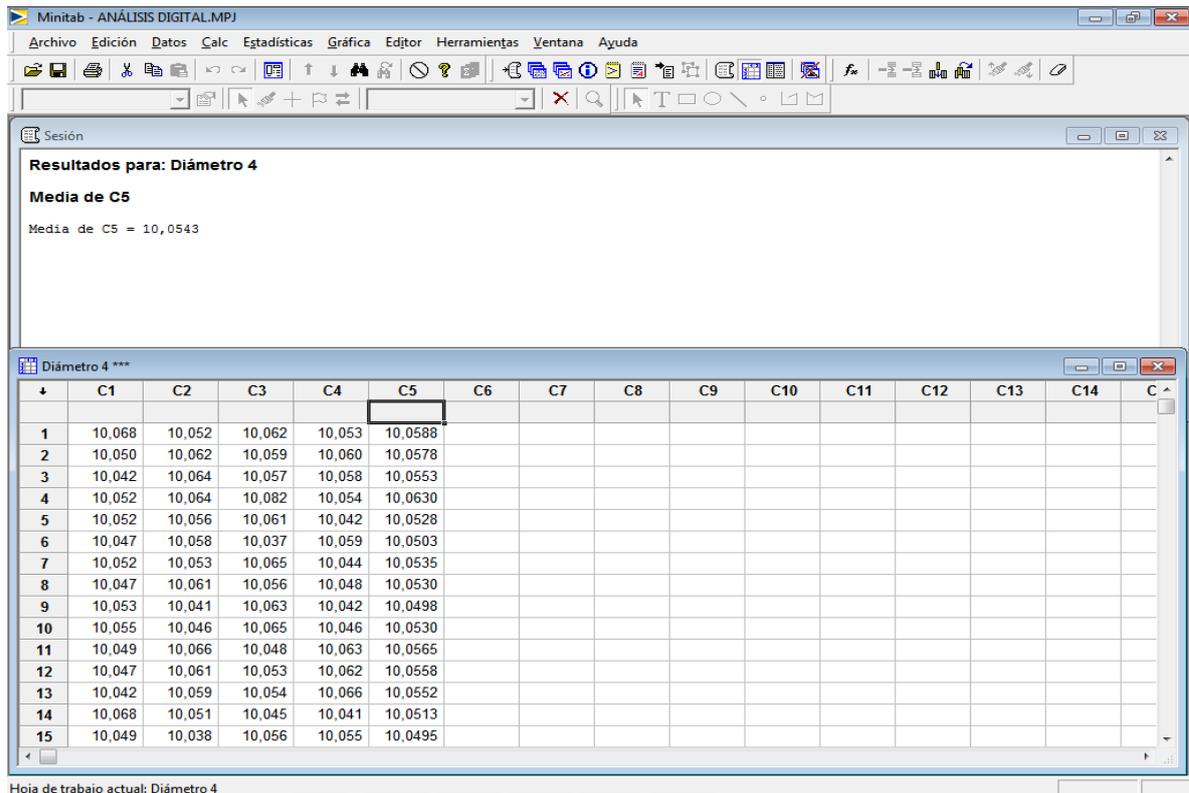


Figura 8.14 Valor de la media de las medias.

Paso 4. Apilar los datos de cada muestra, figura 8.15.

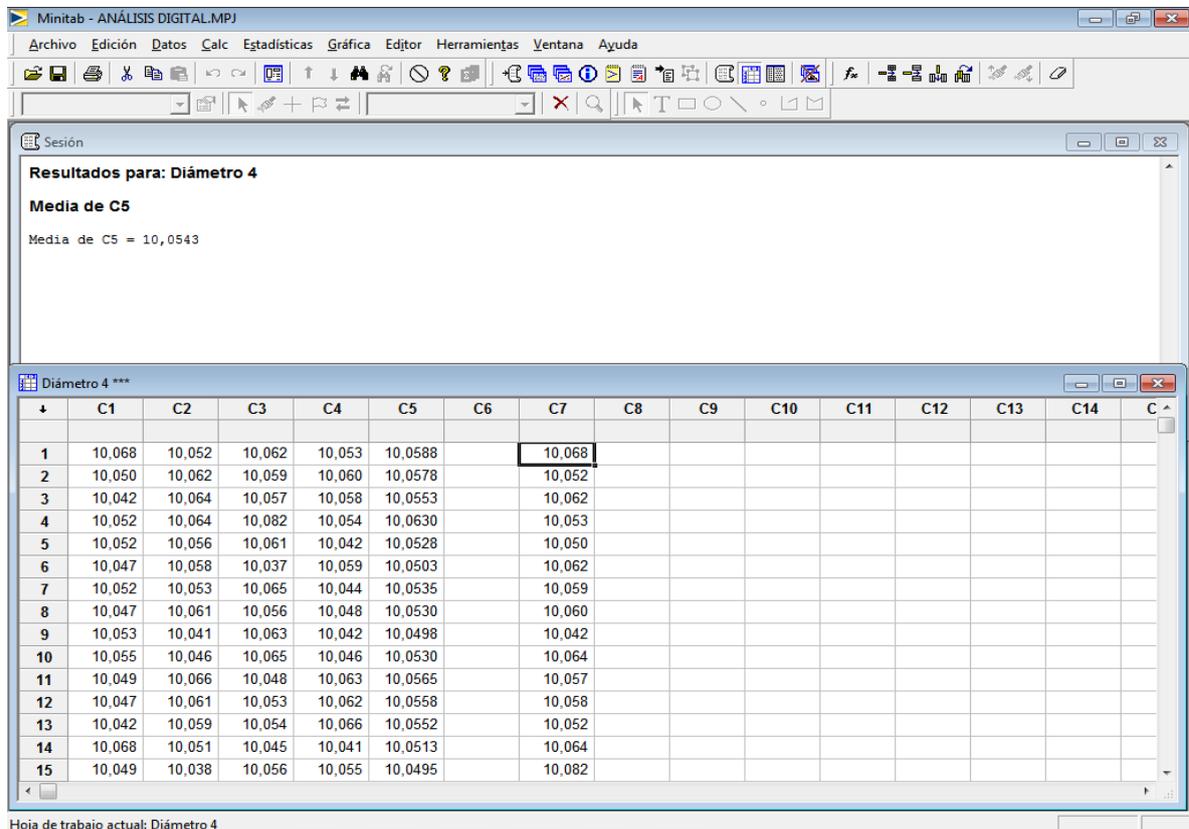


Figura 8.15 Datos apilados de cada muestra.

Paso 5. Construcción de la gráfica de control \bar{x} y R , figura 8.16.

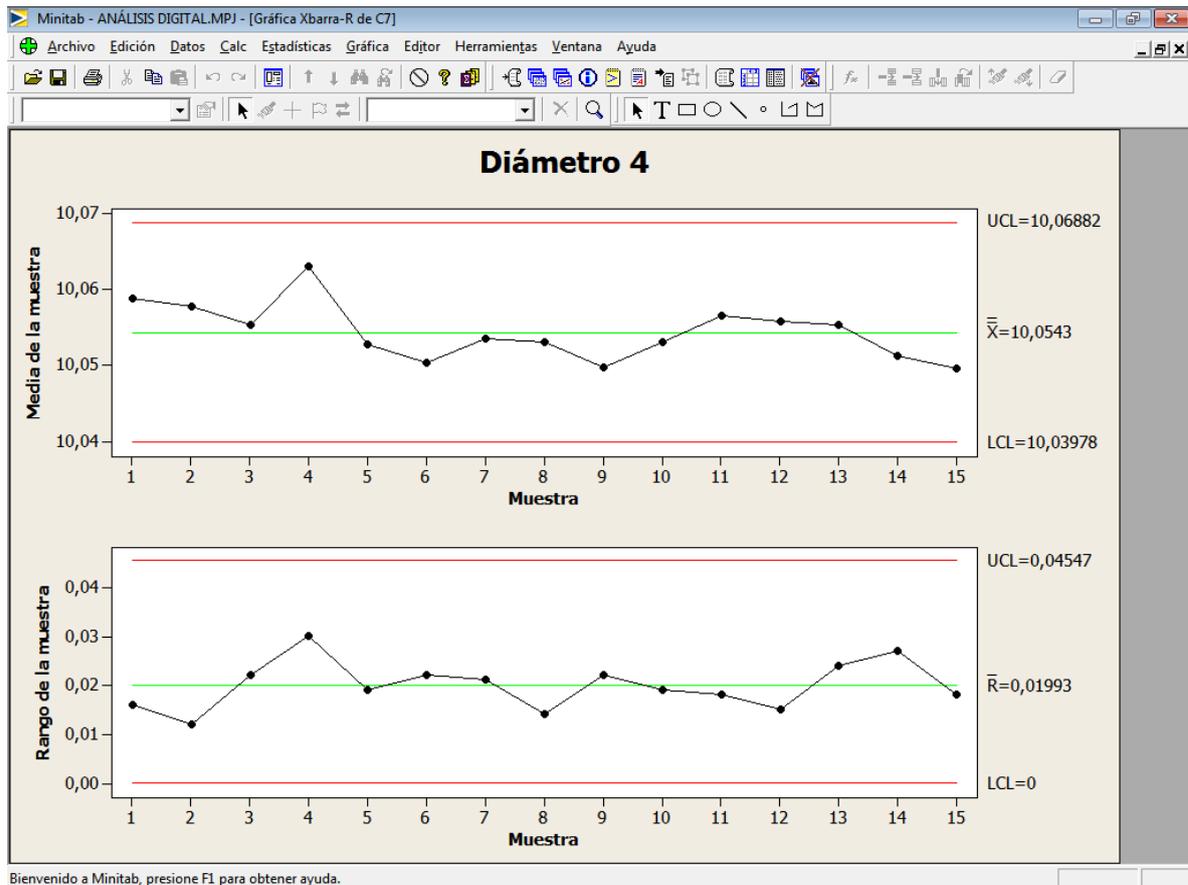


Figura 8.16 Gráfica de control \bar{x} y R , diámetro 4.

8.3 Interpretación de las Gráficas de Control

Para interpretar los datos, se buscan signos que indiquen que el proceso no está bajo control estadístico. El signo más obvio es: cuando \bar{x} o R (o ambos) se encuentran fuera de los límites LCL o UCL, esto indica una causa asignable, tal como materiales iniciales defectuosos, un operador nuevo, una herramienta descompuesta o factores similares. Una \bar{x} fuera del límite indica un cambio en la media del proceso. Una R fuera de límite muestra que ha cambiado la variabilidad. Se pueden revelar condiciones menos obvias, aun cuando los puntos de muestra se encuentren dentro de los límites ± 3 sigma. Entre estas condiciones están: Existen tendencias o patrones cíclicos en los datos, lo cual puede significar desgaste u otros factores que ocurren como una función del tiempo; cambios repentinos en el nivel promedio de los datos y puntos consistentemente cerca de los límites superior o inferior.

Después de haber analizado los resultados de las gráficas de control \bar{x} y R , se puede concluir que el proceso de elaboración de flechas mecánicas en el torno de control

numérico, CNC, se encuentra en control estadístico, ya que no existen signos fuera de los límites de control en las gráficas (\bar{x} y R), de los diámetros 1, 2 y 4.

También se puede comprobar que las gráficas de control obtenidas en el análisis manual y análisis digital con Minitab son iguales.

CONCLUSIONES

Ahora se puede considerar que la aportación lograda con esta Tesis, reafirma la gran importancia de la implementación del “*Control Estadístico de procesos en la elaboración de elementos mecánicos en los procesos de manufactura*”.

Por lo cual se confirma que se ha logrado el objetivo principal, que fue analizar el proceso de torneado de un lote muestral de flechas mecánicas.

La selección de los temas descritos tuvo como objetivo tratar los aspectos, que más aplicación tienen en la fabricación de cualquier producto, se indicaron los ejemplos prácticos de aplicación de acuerdo con la teoría.

El uso de la computadora es primordial para tener un mejor desempeño en el diseño, fabricación y control de calidad de los productos, desde la materia prima hasta el producto terminado.

También se muestra lo práctico que resulta diseñar un elemento en *AutoCAD*. Con el diseño y conocimiento del lenguaje CNC se pudo maquinar de manera más eficiente el lote de flechas.

Se confirma que el uso de *Minitab* en el análisis de Control Estadístico resulta de una manera más rápida y sencilla en la elaboración de Gráficos de Control \bar{x} y *R*.

Dicho lo anterior se puede comparar que las gráficas obtenidas en los capítulos 7 y 8 son las mismas. Una de manera tradicional y otra digital.

Las observaciones de las gráficas \bar{x} y *R* del diámetro 1 son las siguientes:

En la gráfica *R*, existe una notable variabilidad en las muestras 8, 9 y 11, lo cual nos indica que pudo existir un desgaste en la herramienta de corte o una mala colocación de la barra en el husillo del torno por parte del operario.

La gráfica \bar{x} y *R* del diámetro 2 mantuvo una variabilidad aceptable

Por último en la gráfica \bar{x} y *R* del diámetro 4 existe una pequeña variabilidad en la muestra 4, lo cual indica que pudo repetirse una mala colocación de la barra por parte del operario.

Se debe de tener en cuenta la importancia del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, máquinas y herramientas, ya que el torno presento problemas en el carrusel de herramientas, bajo nivel de lubricante y bajo nivel de refrigerante.

Estos 3 aspectos son de gran importancia, para el buen maquinado (torneado) de cualquier pieza.

El torno CNC no presentaba los correspondientes mantenimientos preventivos, lo cual ocasionó pequeños problemas a la hora de la operación, lo cual es desalagador, las condiciones en que se encuentra el torno CNC.

BIBLIOGRAFÍA

- Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería
Douglas C. Montgomery y George C. Runger
Mc Graw Hill. México, 2004
- Control Estadístico de la Calidad: Teoría, practica y aplicaciones informáticas
César Pérez
Alfaomega. España, 1999
- Fundamentos de manufactura moderna
Mikell P. Groover
Pearson Educacion. México, 2005
- Control Estadístico de la Calidad
Douglas C. Montgomery
Limusa. México, 2004
- Procesos de manufactura
John A. Schey
Mc Graw Hill. México 2002
- AutoCAD 2006 Avanzado
James D Bethune
Anaya Multimedia. España 2006
- Dibujo industrial
A Chevalier
Grupo Noriega Editores. México 2011
- AutoCAD 2010: Curso practico
Josep Molero
Inforbooks Ediciones. España 2010
- Procesos de manufactura versión SI
B.H. Amstead, Ph. F. Ostwald, M. L. Begeman
Cecsa. México 2005
- Sistemas CAD/CAM/CAE, Diseño y fabricación por computadora
Por varios autores bajo la coordinación de José Mompín Poblet
Publicaciones Marcombo. México 1993
- ¿Qué es control total de calidad?
Kauro Ishikawa
Norma. Colombia, 1986
- Control de calidad: teoría y aplicaciones
Bertrand L. Hansen, Prabhakar M. Ghare
Ediciones Díaz de Santos, S. A. España, 1990

APÉNDICE A

Constantes para Gráficos de Control																
n	A	A2	A3	c4	1/c4	B3	B4	B5	B6	d2	d3	1/d2	D1	D2	D3	D4
2	2.121	1.880	2.659	0.798	1.253	0.000	3.267	0.000	2.606	1.128	0.853	0.886	0.000	3.686	0.000	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.886	1.128	0.000	2.568	0.000	2.276	1.693	0.888	0.591	0.000	4.358	0.000	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.921	1.085	0.000	2.266	0.000	2.088	2.059	0.880	0.486	0.000	4.698	0.000	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.940	1.064	0.000	2.089	0.000	1.964	2.326	0.864	0.430	0.000	4.918	0.000	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.952	1.051	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.848	0.395	0.000	5.079	0.000	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.959	1.042	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.833	0.370	0.205	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.965	1.036	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.820	0.351	0.388	5.307	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.969	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.808	0.337	0.547	5.394	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.973	1.028	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.797	0.325	0.686	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.975	1.025	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.787	0.315	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.978	1.023	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.778	0.307	0.923	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.979	1.021	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.770	0.300	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.981	1.019	0.406	1.594	0.398	1.563	3.407	0.763	0.294	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.982	1.018	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.756	0.288	1.203	5.740	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.983	1.017	0.448	1.552	0.440	1.527	3.532	0.750	0.283	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.985	1.016	0.466	1.534	0.459	1.510	3.588	0.744	0.279	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.985	1.015	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.739	0.275	1.424	5.856	0.391	1.609
19	0.688	0.187	0.698	0.986	1.014	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.733	0.271	1.489	5.889	0.404	1.596
20	0.671	0.180	0.680	0.987	1.013	0.510	1.490	0.503	1.470	3.735	0.729	0.268	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.988	1.013	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.724	0.265	1.606	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.988	1.012	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.720	0.262	1.660	5.979	0.435	1.565
23	0.626	0.162	0.633	0.989	1.011	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.716	0.259	1.711	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.989	1.011	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.712	0.257	1.759	6.032	0.452	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.990	1.010	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.708	0.254	1.805	6.056	0.459	1.541

Tabla 1 Constantes para Gráficos de Control.